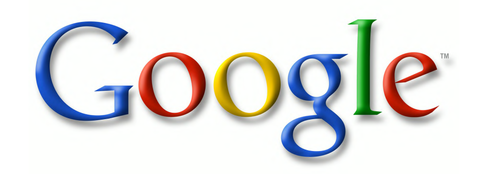


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

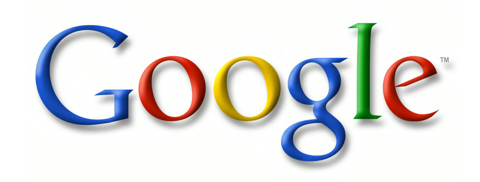
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06910909 2





EXPOSITION
RAISONNÉE
DE LA THÉORIE
DE
L'ÉLECTRICITÉ
ET DU MAGNÉTISME,

D'après les principes de M. ÆPINUS, des Académies de Pétersbourg, de Turin, &c.

PAR M. L'ABBÉ HAÜY,

De l'Académie Royale des Sciences, Professeur Émérite de l'Université.

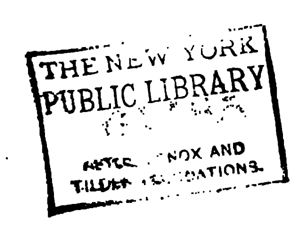


A PARIS,

Chez la Veuve DESAINT, Libraire, rue du Foin-Saint-Jacques.

M. DCC. LXXXVII.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
NOX AND
TILDEN ATIONS.

DISCOURS

PRÉLIMINAIRE.

TOUTES nos connoiſſances phyſiques ſont fondées ſur l'obſervation ; mais elles ne forment proprement une ſcience, que quand la Théorie, mêlant ſa lumiere à celle que répand le flambeau de l'expérience, nous fait appercevoir le lien commun par lequel les faits obſervés ſe tiennent les uns aux autres. Juſque-là ce ne ſont encore que des faits iſolés ; & s'il eſt intéreſſant de les recueillir, de les bien conſtater, & même de les multiplier, c'eſt ſur-tout parce qu'ils préparent des données aux Génies qui viendront enſuite rapprocher tous ces anneaux épars, & en former une chaîne continue.

L'Electricité nous fournit un exemple frappant de cette marche graduée de

l'esprit humain. On ne connoissoit d'abord que la vertu qu'ont certains corps, dans lesquels le fluide électrique manifeste son action, de s'attirer ou de se repousser mutuellement. On s'est apperçu ensuite qu'il falloit employer différens moyens, pour faire naître dans des corps de diverses natures, la vertu électrique; que dans les uns elle étoit excitée par le frottement; que les autres la manifestoient lorsqu'on les mettoit en communication avec des corps déja électrisés. On a vu des corps électriques lancer par leurs angles des aigrettes spontanées, ou produire, à l'approche d'un autre corps, de vives étincelles, par leurs parties arondies. Enfin, la découverte de l'expérience de Leyde a offert un nouveau phénomene, également propre à piquer la curiosité même du vulgaire, & à exercer la sagacité des Savans.

Les phénomenes du Magnétisme, quoique moins variés, ont suivi les mêmes progrès. Les anciens avoient remarqué la

propriété qu'a l'aimant d'attirer le fer : mais l'obſervation de cette autre propriété plus ſinguliere, en vertu de laquelle une aiguille aimantée tourne une de ſes extrêmités vers le nord, & l'autre vers le ſud, eſt certainement une découverte moderne, quoiqu'on n'en connoiſſe ni l'Auteur, ni l'époque préciſe. L'application que l'on a faite de cette découverte à la navigation, les occaſions continuelles qu'ont eues les Marins de conſulter ce guide, dont le langage toujours viſible, devenoit pour eux une eſpece de ſupplément au langage du ciel, qu'ils ne peuvent pas ſans ceſſe interroger, ont donné lieu de remarquer & de ſuivre avec attention les variations de l'aiguille tranſportée ſur différens points du globe. D'une autre part, les recherches des Savans, pour communiquer aux aiguilles de bouſſole la plus grande vertu poſſible, ont enrichi la phyſique de l'aimant de pluſieurs faits d'autant plus dignes d'attention, que quelques-uns ſemblent

conduire à des paradoxes, & s'écarter de l'analogie des faits ordinaires de la Nature. On a vu avec ſurpriſe, un aimant communiquer les propriétés magnétiques à un barreau de fer voiſin, ſans rien perdre de ſa force; un barreau qui avoit déja acquis une certaine vertu par les frictions d'un premier aimant, perdre une partie de cette vertu par celles d'un ſecond aimant, quoique faites dans le même ſens; l'addition d'une armure augmenter conſidérablement la vertu d'un aimant de force médiocre, tandis qu'elle ajoutoit peu à celle d'un aimant beaucoup plus vigoureux, &c.

Tous ces différens faits, ainſi que les faits électriques, conſidérés chacun dans leur ordre, ont certainement pour cauſe le même agent. Mais on n'apperçoit point d'abord les rapports qui les lient entr'eux, ni leur dépendance à l'égard du fluide qui les produit. C'eſt à la Théorie à aſſigner les loix générales, ſuivant leſquelles agit ce fluide, & l'influence de ces

loix ſur chacun des phénomenes en particulier. Dès-lors ces réſultats ſi divers, & quelquefois même contraires en apparence les uns aux autres, ne ſont plus pour l'œil éclairé par la Théorie, que les différens points de vue d'un fait unique.

De toutes les Théories que l'on a imaginées pour expliquer les phénomenes électriques, celle du célebre Francklin a été le plus généralement adoptée. Cette Théorie porte en général ſur deux faits, l'un, que les molécules électriques ont la propriété de ſe repouſſer mutuellement, même à une certaine diſtance; l'autre, qu'elles ſont attirables par tous les corps connus. Ces deux faits admis, tous les autres en découlent, comme autant de corollaires qui ſe déduiſent d'un même principe.

Mais il faut bien remarquer, que par les termes de *forces répulſives* ou *attractives*, on ne prétend pas déſigner des forces inhérentes aux molécules de la

matiere. Car, comme l'obſerve très-bien M. Æpinus (*a*), un corps ne peut agir où il n'eſt pas. Tout ce que l'on entend, c'eſt que deux molécules électriques ne peuvent ſe trouver en préſence, ſans s'écarter l'une de l'autre, quelle que ſoit la cauſe qui produiſe ce mouvement retrograde. De même, une molécule électrique libre ne peut ſe trouver vis-à-vis d'un corps, ſans s'approcher de ce corps, quel que ſoit l'agent qui l'y ſollicite.

Que fait donc la Théorie? Elle prend un ou deux faits qu'elle ne cherche point à expliquer, mais qui, une fois donnés, mettent tous les faits connus en rapport les uns avec les autres, en ſorte qu'ils empruntent des deux premiers un jour, à l'aide duquel ils s'éclairent enſuite mutuellement. Un autre avantage des Théories, c'eſt qu'elles nous mettent à portée de déterminer d'avance, d'une maniere certaine, l'effet qui doit avoir lieu, dans

(*a*) *Tentamen Theoriæ electricitatis & magnetiſmi, &c.* pag. 7.

telle circonſtance, &, par une ſuite néceſſaire, de produire à volonté tel effet, en amenant les circonſtances dont il dépend, lorſqu'il s'agit d'un objet qui tient à la Phyſique expérimentale. Ainſi les Théories, non-ſeulement nous dévoilent en partie les reſſorts cachés que la Nature fait jouer dans les opérations qui ſe paſſent actuellement ſous nos yeux; mais elles étendent nos vues juſques ſur les réſultats des opérations futures, & les ſoumettent même, en quelque ſorte, à notre pouvoir.

On voit, par ce qui précede, à quoi ſe réduit la véritable Phyſique, &, ſi j'oſe le dire, la ſeule raiſonnable. Nous ne connoiſſons pas les cauſes premieres, ni les loix les plus générales d'où dépendent les effets naturels. L'Être ſuprême qui a établi ces loix, & qui les maintient, voit ſeul la chaîne entiere dont elles forment les premiers anneaux. Parmi les différens effets ſubordonnés à ces loix, nous obſervons certaines directions que

les perturbations qu'ils éprouvent, mais de les annoncer, d'en déterminer d'avance, & l'époque & la quantité. Rien de plus admirable que cet accord conſtant & général entre les réſultats de la Théorie & ceux de l'obſervation, accord qu'ont ſervi à vérifier de plus en plus les progrès que l'Aſtronomie phyſique a faits de nos jours, &, en particulier, les profondes recherches de MM. de la Grange & de la Place, qui partagent la gloire de Newton, en contribuant à la lui aſsûrer.

M. Francklin avoit eu celle de poſer les fondemens d'une Théorie de l'électricité, beaucoup plus ſatisfaiſante que tous les ſyſtêmes qui avoient paru juſqu'alors. Il s'étoit attaché, ſur-tout, à prouver l'exiſtence des deux électricités poſitive & négative. Il avoit fait voir, par des expériences qui paroiſſent déciſives, qu'en même-temps que l'une des deux ſurfaces de la bouteille de Leyde, acquéroit une certaine portion de fluide électrique au-deſſus de ſa quantité naturelle, la ſurface

oppoſée perdoit une partie de la ſienne, & que la propriété de donner cette ſecouſſe violente que l'on reſſent dans l'expérience de Leyde, étoit produite par le retour rapide de la quantité excédante du fluide communiqué à la ſurface électriſée en plus, vers la ſurface électriſée en moins. Mais cette Théorie étoit ſuſceptible d'être traitée avec un nouveau degré de préciſion, & développée d'une maniere plus étendue qu'elle ne l'avoit été par ce Savant célebre. M. Æpinus, de l'Académie de Pétersbourg, a entrepris cette tâche, & l'a remplie avec tout le ſuccès qu'on devoit attendre de ſa ſagacité & de ſon génie (*a*). En appliquant le calcul au principe de l'électricité poſitive & négative, en exprimant l'action des forces que les corps électriques exercent les uns ſur les autres, en vertu de leur excès ou de leur défaut de fluide, par

(*a*) Tel eſt l'objet de l'Ouvrage que nous avons cité plus haut, & qui a été compoſé en 1759.

des formules ſimples qu'il manie enſuite avec beaucoup d'adreſſe, il eſt parvenu à des conſéquences parfaitement conformes aux réſultats que préſente l'obſervation. Il a ramené aux principes fondamentaux de la Théorie, divers phénomenes dont on n'avoit encore donné que des explications peu ſatisfaiſantes, tels que les attractions & répulſions que l'on obſerve ſi ſouvent entre les corps électriques, & ſur-tout la répulſion mutuelle de deux corps électriſés en moins. Enfin, par une analyſe plus approfondie des phénomenes déja expliqués, il a déterminé, d'une maniere plus préciſe, l'influence des cauſes qui ſe combinent entr'elles dans la production de ces phénomenes.

Il n'a pas été moins heureux dans l'explication des phénomenes qui dependent du magnétiſme, & cette partie de ſon travail lui fait d'autant plus d'honneur, qu'elle eſt abſolument neuve. Il a prouvé que le fluide magnétique, quoique différent, par ſa nature, du fluide électri-

que, agiſſoit de la même maniere à l'égard des corps ſuſceptibles de magnétiſme; & enviſageant ſon ſujet dans ſa plus grande généralité, il a déduit des principes de la Théorie, non-ſeulement l'explication de tous les phénomenes que préſentent les actions réciproques de pluſieurs corps magnétiques, & la communication du magnétiſme d'un corps à l'autre, mais encore l'action qu'exerce le magnétiſme du globe terreſtre ſur les aiguilles de bouſſole, les variations qu'on obſerve dans la déclinaiſon & l'inclinaiſon de ces aiguilles à différentes latitudes, &c. Ceux d'entre ces phénomenes qui tiennent du paradoxe, & dont nous avons cité quelques-uns, ne ſont que des conſéquences néceſſaires de la Théorie, & certains faits qu'il paroiſſoit d'abord impoſſible d'y ramener, ſe trouvent expliqués avec la même facilité. Jamais une Théorie n'eſt mieux établie, que quand les difficultés qui ſembloient, au premier coup-d'œil, fournir des armes

pour la combattre & la détruire, se tournent en preuves, & en deviennent la plus solide défense.

Il faut convenir cependant, que parmi les principes sur lesquels est fondée la Théorie de M. Æpinus, il en est un qui s'écarte tellement en apparence des principes de la saine physique, que l'Auteur lui-même a long-temps balancé pour l'admettre, & ne s'y est déterminé qu'après un mûr examen. Ce principe consiste, en ce que les molécules propres des corps ont une force répulsive mutuelle, comme les molécules même du fluide électrique, ou du fluide magnétique. M. Æpinus fait voir que l'existence de cette force est une suite nécessaire de celle des deux forces dont nous avons parlé plus haut, & qui servent de bâse à la Théorie de M. Francklin. Au fonds, il n'y a pas plus d'inconvénient à admettre une force répulsive entre les molécules des corps, qu'entre celles des fluides, soit électrique, soit magnétique, puisque,

comme

comme nous l'avons dit, le mot de *force* n'exprime ici qu'un fait dont on ne recherche point la cauſe. Tout ce qu'on pourroit objećter de plus ſpécieux contre de pareilles forces, c'eſt qu'elles ne ſe concilient point avec le principe de la gravitation univerſelle. Mais comme les forces répulſives, dont il s'agit, n'exercent leur aćtion que dans le cas particulier des phénomenes élećtriques ou magnétiques, & que cette aćtion, comme enchaînée par des forces contraires, demeure ſuſpendue, lorſque les corps rentrent dans leur état naturel, ainſi qu'on le verra dans le cours de cet Ouvrage, la gravitation univerſelle n'en ſera pas moins une force générale, qui éprouvera ſeulement des perturbations locales & paſſageres, occaſionnées par les phénomenes de l'élećtricité & du magnétiſme. Enfin, il eſt très-vraiſemblable que quand la nature de ces phénomenes ſera mieux connue, on découvrira qu'ils dépendent des aćtions ſimultanées de deux fluides tels, que les

molécules de chacun d'eux auroient la propriété de se repousser mutuellement (*a*), & en même-temps celle d'attirer les molécules de l'autre fluide, en sorte que l'un des deux feroit la fonction que M. Æpinus attribue aux molécules propres des corps (*b*). Quoi qu'il en soit, (& c'est ici le point essentiel), les forces assignées par M. Æpinus doivent être regardées au moins comme les équiva-

(*a*) La gravitation universelle n'empêche pas les Physiciens d'admettre la répulsion mutuelle des molécules d'un fluide élastique, au point de contact. Or, la répulsion à distance, quelle qu'en soit la cause, fait encore moins de difficulté, par rapport à l'attraction.

(*b*) Plusieurs Savans ont déja cru appercevoir, dans certains phénomenes de l'électricité, des circonstances qui annoncent l'existence de deux fluides. Voici comme s'exprime, entr'autres, le célebre M. de Saussure, (*Voyage dans les Alpes*, *Tom. II*, *pag.* 243). « Je » serois porté à regarder le fluide électrique, comme » le résultat de l'union de l'élément du feu avec » quelqu'autre principe qui ne nous est pas encore » connu. Ce seroit un fluide analogue à l'air inflam- » mable, mais incomparablement plus subtil ».

lens des véritables forces employées par la Nature : quelque parti que l'on prenne, la marche de la Théorie sera à peu-près la même, & offrira dans les conséquences, les mêmes vérités & le même accord avec les résultats donnés par l'observation.

M. Æpinus admet encore, avec plusieurs Physiciens, l'existence d'un noyau doué d'une grande force magnétique, & placé au centre du globe terrestre. Cette assertion, au premier coup-d'œil, a quelque chose de singulier, & l'on seroit tenté de la regarder comme un de ces expédiens auxquels on a quelquefois recours, par la difficulté d'expliquer certains phénomenes, plutôt que comme une conséquence amenée naturellement par l'observation des faits. Mais lorsqu'on voit une aiguille aimantée, transportée successivement sur différens points du globe, y prendre des positions parfaitement analogues à celles qui auroient lieu, si on lui faisoit faire différens circuits autour d'un aimant

ſphérique, ſoit naturel, ſoit artificiel; lorſqu'on voit de même le fer non-aimanté, tantôt devenir un véritable aimant, tantôt n'acquérir aucune vertu, ſuivant les directions qu'on lui donne par rapport aux poles du globe & à l'horizon du lieu, & cela préciſément dans les mêmes circonſtances où un aimant ſphérique donneroit des réſultats ſemblables; lorſqu'enfin on conſidere que le globe terreſtre, qui a une action ſi marquée ſur le fer, pour lui communiquer la vertu magnétique, différe cependant des aimans qui ſont à notre portée, en ce qu'il n'attire point ſenſiblement, comme ceux-ci, le fer aimanté, & que cette différence doit néceſſairement avoir lieu dans le cas où l'action du globe s'exerceroit à une très-grande diſtance, on eſt conduit, comme malgré ſoi, à conclure, avec M. Æpinus (*a*), que le Créateur, pour des raiſons puiſées dans ſa ſageſſe, a placé au centre

(*a*) Pages 268 & 269.

de notre globe un corps qui a toutes les propriétés des véritables aimans, & cette hypothese, qui avoit d'abord les apparences contr'elle, prend un air de vraisemblance, qui ne permet gueres de concevoir que la chose puisse être autrement. Eh! combien de vérités la Physique ne nous a-t-elle pas fait connoître, avec lesquelles les esprits ont eu besoin de se familiariser en quelque sorte, par une étude suivie des preuves sur lesquelles elles étoient fondées?

M. Æpinus est le premier qui ait appliqué le calcul à l'Electricité & au Magnétisme. Dans toutes les Théories qui avoient paru jusqu'alors sur ces deux branches de nos connoissances, l'explication des phénomenes est présentée à l'aide du seul raisonnement. Or, le calcul analytique n'est lui-même que la traduction d'un raisonnement dans une langue très-abrégée, & qui réunit à l'avantage de resserrer dans un espace étroit un grand ensemble de combinai-

ſons, celui de ſoulager l'eſprit, & de lui ménager des repos, en ne lui préſentant jamais à la fois qu'une ſeule formule à transformer en une autre. Cette méthode a, de plus, le mérite de porter dans les réſultats une rigueur & une préciſion qui exclud toute incertitude & tout ſoupçon de parallogiſme. Mais comme les Ouvrages de ce genre ne ſont à la portée que d'un petit nombre de Lecteurs, & que la connoiſſance des phénomenes de l'Electricité & du Magnétiſme eſt très-répandue, j'ai cru qu'un Ouvrage, où l'on exposeroit la Théorie dont il s'agit, dépouillée de l'appareil du calcul, pourroit n'être pas indifférent aux amateurs de la Phyſique. Cette marche a d'ailleurs auſſi ſes avantages; elle donne l'eſprit des méthodes qu'emploie le calcul; elle développe les idées que les formules ne font qu'indiquer d'une maniere très-générale : elle fait concevoir la liaiſon du principe avec les conſéquences qui en découlent, & diſparoître cet air de paradoxe ſous lequel

ſe préſentent certains réſultats où l'on ne ſe trouve conduit qu'avec une ſorte de ſurpriſe par les démonſtrations algébriques.

Au reſte, le raiſonnement ne peut être ſubſtitué avec quelque ſuccès au calcul, que dans les queſtions d'un certain ordre, & qui ne tiennent point aux hautes Mathématiques, ni aux propriétés des courbes (*a*). C'eſt alors que les reſſources du calcul deviennent à la fois néceſſaires, & dignes de toute notre admiration, en ce qu'elles nous menent par un voie également courte & directe au même but, où l'on ne pourroit arriver, à l'aide du raiſonnement, que par un circuit immenſe, & qui peut-être même exigeroit des

---

(*a*) Il en faut dire autant des matieres qui exigent que l'on parvienne à des réſultats rigoureux, en ſorte que la Théorie ne puiſſe être bien démontrée, qu'autant qu'elle aſſigne, non-ſeulement le genre ou la qualité, mais la quantité préciſe des actions qui produiſent les phénomenes, & qu'elle donne, dans les applications, les limites exactes entre leſquelles ces actions ſont renfermées.

efforts au-dessus de la portée de l'esprit humain. Tout ce qu'on peut faire, dans ces sortes de cas, au défaut des ressources dont je viens de parler, c'est d'exposer, de la maniere la plus claire, qu'il est possible, d'abord l'état de la question, & ensuite le résultat; & c'est ainsi que j'ai été forcé d'en user dans un petit nombre de circonstances, où le calcul semble parcourir des routes inaccessibles à la raison abandonnée à ses propres forces (*a*).

Mais, quoiqu'en général la Théorie de M. Æpinus me paroisse avoir un degré de simplicité, qui la rend susceptible d'être présentée, sans employer le calcul, on concevra que j'ai dû avoir plus d'un obstacle à vaincre, pour retrouver l'esprit des démonstrations caché, en quelque

(*a*) J'ai substitué, dans ces sortes de cas; aux méthodes du calcul analytique, lorsque cela m'a été possible, des démonstrations fondées sur les principes de la Géométrie élémentaire, que j'ai rejettées dans des notes, en faveur de ceux qui possedent les principes de cette Géométrie.

ſorte, ſous l'enveloppe des formules analytiques, & préſenter, à l'aide du langage ordinaire, une marche ſans ceſſe compliquée de quatre forces différentes qui concourent à la production des phénomenes électriques & magnétiques. Auſſi, quelqu'effort que j'aie fait, pour être en même-temps clair & précis, je ne diſſimulerai pas que la lecture de cet Ouvrage demande une attention ſérieuſe & ſoutenue, & cette habitude de combiner ſes idées, que l'on pourroit appeler *le calcul de la raiſon*. Cette lecture exige auſſi que l'on ait une notion des rapports & des proportions; notion qui, au reſte, ſe trouve dans tous les Traités d'arithmétique, & qu'il eſt facile de ſe procurer en très-peu de temps.

Je ne me ſuis point aſtreint à ſuivre l'ordre que s'eſt preſcrit M. Æpinus dans ſon Ouvrage, & j'ai diſpoſé les différens articles de ſa Théorie, de la maniere qui m'a paru la plus convenable, relativement au but que je me propoſois. J'ai ajouté

plusieurs nouvelles applications de la Théorie à des faits dont la découverte est postérieure à l'Ouvrage de M. Æpinus, ou dont il n'avoit parlé qu'en passant, tels que le pouvoir des pointes, les étincelles & aigrettes électriques, &c. J'ai aussi donné la solution de certains cas que M. Æpinus avoit laissés indéterminés, faute de connoître la loi, suivant laquelle agissent les fluides électrique & magnétique, à raison des distances. J'ai été conduit à ces nouvelles solutions par la découverte qu'a faite M. Coulomb de la loi dont il s'agit, & qu'il a bien voulu me permettre d'exposer, d'après les Mémoires très-intéressans qu'il a lus sur cet objet à l'Académie, pendant le cours des années 1785 & 1787. Enfin, on trouvera dans cet Ouvrage des détails sur différentes découvertes, ou observations récentes, faites par MM. Lavoisier, de la Place, de Cassini, &c. Ainsi mon travail, si j'ai eu le bonheur de le rendre digne de l'attention du Public, réunira à l'avantage

de lui préſenter dans un langage intelligible pour tous les ordres de Lecteurs, une des plus ſavantes Théories qui ait encore paru, celui de renfermer une eſpece de Supplément à cette Théorie, telle qu'elle a été donnée par l'Auteur. Quant aux Phyſiciens Géometres, j'aurai rempli mon vœu à leur égard, ſi je puis leur inſpirer le deſir de chercher l'explication des phénomenes de l'Electricité & du Magnétiſme, dans la lecture même d'un Ouvrage trop-peu connu, & digne d'être placé parmi le petit nombre de ceux qui doivent faire époque dans l'Hiſtoire des Sciences.



Extrait des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences au 21 Juillet 1787.

Nous avons été nommés par l'Académie, pour lui rendre compte d'un Ouvrage de M. l'Abbé Haüy intitulé, *Expoſition raiſonnée de la Théorie de l'Électricité & du Magnétiſme, ſuivant les principes de M. Æpinus.*

La Théorie de M. Francklin avoit déja répandu un grand jour ſur les phénomenes de l'Electricité, lorſque M. Æpinus ſe propoſa d'ajouter de nouveaux degrés de perfection à cette Théorie, & de l'étendre aux phénomenes moins variés, mais non moins intéreſſans du Magnétiſme. L'Ouvrage où ſont conſignées les différentes recherches de l'Académicien de Petersbourg, parut en 1760, ſous le titre de *Tentamen Theoriæ Electricitatis & Magnetiſmi.* Il eſt fondé ſur un trop petit nombre de principes, pour que nous n'en faſſions pas mention.

Ceux de l'Electricité ſe réduiſent à deux : 1°. Les molécules du fluide électrique ſe repouſſent mutuellement, & ſont attirables par tous les corps connus. 2°. Il y a des corps qui livrent un paſſage facile à la matiere électrique, & d'autres où ce fluide ne ſe meut qu'avec une grande difficulté, ſans néanmoins que l'imperméabilité ſoit abſolue.

La Théorie du Magnétiſme ſuppoſe, 1°. que les molécules du fluide magnétique ſe repouſſent mutuellement, & ſont attirables par le fer ſeulement dans l'état métallique. 2°. Que les corps ſuſceptibles de magnétiſme ne laiſſent mouvoir le fluide dans leur intérieur, qu'avec une extrême difficulté, & ne lui permettent point de paſſer en quantité ſenſible dans les corps voiſins ; & pour expliquer le Magnétiſme ſpontané de certains corps, ainſi que la direction conſtante de l'aiguille aimantée, il faut admettre, comme troiſieme principe, que l'attraction du globe eſt équivalente à celle d'un noyau doué d'une grande force magnétique, & placé à ſon centre.

Ces principes, maniés avec adreſſe, ſuffiſent pour ex-

pliquer les phénomenes les plus singuliers de l'Electricité & du Magnétisme, en saisir les moindres circonstances, & prévoir avec exactitude ce qui résultera d'une expérience projettée. Cependant M. Æpinus ne s'est pas borné à rendre compte des faits connus, & à porter la précision du calcul dans des objets qui en paroissoient peu susceptibles; il a encore enrichi la science de plusieurs découvertes importantes.

Dans la Théorie de l'Electricité, il a observé qu'un corps électrisé n'a aucune action sur un corps non-électrisé; il est l'inventeur de l'électrophore, ou d'une expérience qui en tient lieu : enfin, il a remarqué le premier, que dans l'expérience de Leyde, le verre pouvoit être remplacé par une lame d'air, & que la commotion n'est plus foible, qu'à raison de la plus grande épaisseur qu'on est obligé de laisser à la couche d'air.

La Théorie du Magnétisme, sortie toute entiere des mains de M. Æpinus, lui fait encore plus d'honneur. Il a démontré le premier que l'action directive du globe sur les aiguilles aimantées, pouvoit être sensible, sans que la force attractive le fût. Il a perfectionné considérablement la méthode d'aimanter de MM. Micheli & Canton; enfin, il a donné de nouveaux moyens d'exciter la vertu magnétique au plus haut degré, sans le secours d'aucun aimant, ni naturel, ni artificiel.

L'Ouvrage de M. Æpinus, est sans doute un de ceux qui doivent faire époque dans l'Histoire des Sciences, & quand le systême sur lequel il est fondé se démentiroit en quelques points, cet Ouvrage contient encore assez de choses indépendantes de la Théorie, pour mériter l'attention des Physiciens. Un seul principe paroît difficile à admettre dans la Théorie de M. Æpinus; quoiqu'il soit une suite immédiate de ceux que nous avons rapportés, c'est la répulsion des molécules des corps. Cependant, si l'on fait attention qu'il ne s'agit point ici de répulsions ni d'attractions absolues, mais d'effets qui peuvent tenir à une cause quelconque, par exemple, à l'existence de deux fluides, comme le pensent plusieurs Physiciens, on aura moins de peine à admettre une hypothese, qui est appuyée par un très-grand nombre de faits, & qui d'ailleurs n'est point contraire à la saine Physique.

Nous ne devons pas omettre, que l'Ouvrage de M. Æpinus a le mérite de l'exactitude que le calcul y a introduite; exactitude qui ne peut avoir lieu que dans une science déja perfectionnée. Mais ce mérite, aux yeux des Physiciens Géometres, devient un obstacle pour ceux qui ont trop peu de connoissances Mathématiques. En conséquence, M. l'Abbé Haüy a jugé qu'il rendroit un service important à la Physique, en réduisant au simple raisonnement les calculs de M. Æpinus, & en mettant ainsi à la portée de tout le monde un Ouvrage peu connu, & digne de l'être.

Cet Ouvrage, quoique très-clair, étoit peut-être un peu diffus & peu méthodique, comme tous les Ouvrages de Génie. M. l'Abbé Haüy y a rétabli l'ordre & la précision; & dans un Volume beaucoup moindre, il a ajouté l'exposition & la Théorie de plusieurs phénomenes intéressans, tels que le pouvoir des pointes, les étincelles & aigrettes électriques, l'électricité manifestée dans le réfroidissement & l'évaporation des corps, suivant les observations de MM. Lavoisier, de la Place & de Saussure, &c.

Nous ne passerons pas sous silence la découverte de la loi que suit l'action des fluides électrique & magnétique, à raison des distances. M. Æpinus avoit soupçonné que cette action suivoit la raison inverse du quarré des distances; il étoit porté à le croire, par analogie seulement, & sans avoir aucune expérience pour l'établir. Aussi employe-t-il quelquefois dans ses calculs la raison inverse de la simple distance, & l'ignorance de la vraie loi l'avoit empêché de porter certains résultats au degré de justesse convenable. Il étoit réservé à M. Coulomb de découvrir cette loi par un moyen entiérement à lui, & qui peut servir à mesurer de très-petites forces avec une grande exactitude; découverte d'autant plus difficile que Newton & d'autres Physiciens avoient cru voir dans les actions électriques & magnétiques, la raison inverse du cube, ou même d'une plus haute puissance de la distance. M. l'Abbé Haüy a soin d'exposer la vraie loi, d'après M. Coulomb, & de rectifier, à l'aide de ce moyen, plusieurs calculs de M. Æpinus.

Nous concluons que l'Ouvrage de M. l'Abbé Haüy est très-propre à répandre les notions les plus saines sur

deux branches importantes de la Physique, & qu'en conséquence il mérite l'Approbation de l'Académie, & d'être imprimé sous son Privilége.

Au Louvre, ce 21 Juillet 1787.

Signé, DE LA PLACE, COUSIN, LE GENDRE.

Je certifie le présent Extrait conforme aux Registres de l'Académie. A Paris, ce 21 Juillet 1787.

Signé, LE MARQUIS DE CONDORSET, *Secrétaire perpétuel.*

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre: A nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra: SALUT. Nos bien amés LES MEMBRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES de notre bonne Ville de Paris, nous ont fait exposer qu'ils auroient besoin de nos Lettres de Privilege pour l'impression de leurs Ouvrages: A CES CAUSES, voulant favorablement traiter les Exposans, Nous leur avons permis & permettons par ces Présentes, de faire imprimer par tel Imprimeur qu'ils voudront choisir, toutes les Recherches ou Observations journalieres, ou Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Assemblées de ladite Académie Royale des Sciences, les Ouvrages, Mémoires ou Traités de chacun des Particuliers qui la composent, & généralement tout ce que ladite Académie voudra faire paroître, après avoir fait examiner lesdits Ouvrages, & jugé qu'ils seront dignes de l'impression, en tels volumes, forme, marge, caracteres, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon leur semblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de vingt années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes; sans toutefois qu'à l'occasion des Ouvrages ci-dessus spécifiés, il en puisse être imprimé d'autres qui ne soient pas de ladite Académie. Faisons défenses à toutes sortes de personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissaance; comme aussi à tous Libraires & Imprimeurs d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire lesdits Ouvrages, en tout ou en partie, & d'en faire aucunes traductions ou extraits, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit desdits Exposans, ou de ceux qui auront droits d'eux; , à peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans; dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers auxdits Exposans, ou à

celui qui aura droit d'eux, & de tous dépens, dommages & intérêts; à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères, conformément aux Réglemens de la Librairie; qu'avant de l'exposer en vente, les manuscrits ou imprimés qui auront servi de copie à l'impression desdits Ouvrages, seront remis ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMESNIL; qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Chateau du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur de MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMESNIL; le tout a peine de nullité des Présentes, du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & leurs ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenue pour dûment signifiée; & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers & Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire, pour l'exécution d'icelles, tous Actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires. CAR tel est notre plaisir. Donné à Paris le premier jour de Juillet, l'an de grace mil sept cent soixante-dix-huit, & de notre Regne le cinquieme. Par le Roi en son Conseil.

Signé, LEBEGUE.

Registré sur le Registre XX de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris N°. 1477. fol. 582 conformément au Réglement de 1723, qui fait défenses, article 4, à toutes personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter & faire afficher aucun Livre pour les vendre en leur nom, soit qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à la susdite Chambre huit exemplaires, prescrits par l'article CVII, du même Réglement. A Paris, ce 16 Août 1778.

Signé, KNAPEN, *Syndic.*

THÉORIE



THÉORIE DE L'ÉLECTRICITÉ.

I. Des principes généraux de cette Théorie.

1. TOUTE la Théorie de l'Electricité, telle que M. Æpinus l'a développée dans son Ouvrage, est fondée sur les deux principes suivans, qui servent également de base à celle de M. Francklin.

Les molécules de la matiere électrique se repoussent les unes les autres, même à des distances assez considérables.

Ces mêmes molécules sont attirables par tous les corps connus.

2. Le fluide électrique, par une suite de l'extrême subtilité de ses parties, est capable de

pénétrer toutes ſortes de corps ; mais il y a de grandes différences entre les corps, relativement à la maniere dont ſe fait ce trajet à travers leurs pores. Tous ceux qui ne ſont point électriques par eux-mêmes, & qu'on appelle, pour abréger, *corps an-électriques*, livrent un libre paſſage à la matiere électrique, qui ſe meut dans leurs pores avec beaucoup de facilité. Quant aux ſubſtances *idio-électriques*, ou qui s'électriſent par le frottement, M. Francklin penſoit que le verre, qui eſt du nombre de ces ſubſtances, étoit impermeable à la matiere électrique (*a*). M. Æpinus n'eſt pas tout-à-fait du même ſentiment. Il croit plutôt que la matiere électrique ſe meut dans le verre, & en pénétre les pores, mais avec beaucoup de difficulté & de lenteur; & il étend cette propriété à tous les autres corps *idio-électriques*, tels que le ſoufre, les réſines, l'air ſec, &c.

Au reſte, lorſque M. Æpinus parle d'attractions & de répulſions, il ne prétend pas que les corps aient la propriété d'agir les uns ſur les autres *à diſtance*. Il regarde, au contraire, comme un axiôme indubitable cette propoſition, qu'*un corps ne peut agir où il n'eſt pas*. Les mots *d'attraction* & de *répulſion*, déſignent

(*a*) Obſervations ſur l'électricité, pag. 183 & 184.

ſeulement des faits que l'Auteur adopte pour principes, & dont il déduit l'explication des phénomenes, ſans rechercher la cauſe immédiate de ces faits. (Voy. le Diſc. préliminaire.)

3. Chaque corps a une certaine quantité d'électricité qui lui eſt propre, & que l'on peut appeler *ſa quantité naturelle d'électricité.* Cette quantité eſt proportionnelle à la maſſe. Tant qu'elle reſte la même, le corps ne donne aucun ſigne extérieur d'électricité, d'où il ſuit qu'il y a équilibre entre la force attractive qu'un corps exerce ſur ſa quantité naturelle de fluide électrique, & la force avec laquelle les molécules qui compoſent cette quantité, ſe repouſſent mutuellement. Mais ſi l'on vient à augmenter ou à diminuer cette même quantité, par quelque moyen que ce ſoit; alors l'équilibre étant rompu, le corps dont il s'agit, deviendra ſuſceptible de produire au-dehors divers phénomenes électriques.

4. On dit d'un corps, qu'il eſt *électriſé poſitivement*, ou *négativement*, lorſqu'il a plus ou moins que ſa quantité naturelle d'électricité. On ſe ſert auſſi, dans les mêmes cas, des termes d'*électriſé en plus*, ou *électriſé en moins.* Le verre acquiert, par le frottement, une électricité poſitive ſur la ſurface frottée. Celle que l'on communique, par le même moyen, au ſoufre, à

la Cire d'Eſpagne & aux matieres réſineuſes, eſt négative. Nous verrons dans la ſuite, par quels indices on peut juger ſi l'électricité d'un corps eſt poſitive ou négative.

II. Des loix auxquelles eſt aſſujettie la matiere électrique, en conſéquence des principes qui viennent d'être expoſés.

5. Les différens phénomenes qui dépendent de l'action du fluide électrique, peuvent ſe réduire en général à deux claſſes. La premiere comprend ceux où le fluide paſſe d'un corps dans un autre, qui en a une moindre quantité. Les phénomenes de la ſeconde claſſe, ſont ceux où les corps eux-mêmes ont des mouvemens progreſſifs, par leſquels ils s'approchent ou s'écartent les uns des autres. M. Æpinus expoſe d'abord les loix que ſuit la matiere électrique, dans les cas qui appartiennent à la premiere claſſe, comme étant les plus ſimples.

6. Suppoſons un corps qui ait reçu une certaine quantité de fluide électrique au-deſſus de ſa quantité naturelle, ou qui ſoit électriſé poſitivement (4). Il s'agit de déterminer l'action du fluide ſur une molécule électrique, ſituée auprès de la ſurface du corps. Tant que ce corps étoit dans ſon état naturel, la force attractive de ſa

matiere propre, à l'égard de la molécule dont il s'agit, étant égale à la force répulsive que son fluide exerçoit sur cette même molécule, (3), ces deux forces se faisoient équilibre, & la molécule restoit immobile auprès de la surface du corps, sans être attirée ni repoussée. Mais à cause de l'accroissement qu'a reçu le fluide renfermé dans le corps, la force répulsive de ce fluide se trouve elle-même augmentée; & alors son action l'emportant sur celle de la force attractive, la molécule est repoussée en raison du surcroît de fluide ajouté à la quantité naturelle.

Les autres molécules situées auprès de la surface du corps, étant dans le même cas que celle dont il s'agit, la couche entiere formée par ces molécules sera repoussée, & forcée de s'éloigner du corps, à moins que quelqu'obstacle ne s'y oppose. Si l'on conçoit tout le fluide renfermé dans le corps, comme divisé en une multitude de couches concentriques, il sera facile de voir que celles de ces couches, qui seront situées vers la surface du corps, s'écarteront successivement du centre; en sorte qu'il se fera un *effluvium* continuel de matiere électrique, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli, ou que le corps n'ait plus que sa quantité naturelle de fluide.

7. Concevons maintenant un autre corps, qui

ait perdu une partie de ſa quantité naturelle d'électricité, ou qui ſoit électriſé négativement. Alors la force répulſive du fluide ſur une molécule ſituée près de la ſurface du corps, étant inférieure à la force attractive de la matiere propre de ce corps, par rapport à la même molécule, l'attraction exercera ſur celle-ci une partie de ſon action, d'où l'on conclura, par un raiſonnement ſemblable à celui que nous avons fait pour le cas d'une électricité poſitive (6), qu'il y aura une affluence continuelle de matiere électrique dans le corps, juſqu'à ce qu'il ait recouvré ſa quantité naturelle d'électricité.

8. Il peut y avoir deux cauſes qui s'oppoſent aux effets que nous venons de décrire, l'une interne, & l'autre extérieure. La premiere aura lieu, ſi le corps eſt du nombre de ceux qu'on appelle *Idio-électriques* (2). Car le fluide ne pouvant ſe mouvoir qu'avec beaucoup de difficulté à travers ces ſortes de corps, ſon effluence dans le premier cas, & ſon affluence dans le ſecond, en ſeront ſenſiblement retardées. L'autre cauſe eſt celle qui provient de la nature des corps environnans, dans le cas où ceux-ci ſont pareillement idio-électriques, tels qu'un air bien ſec. La réſiſtance que ces corps oppoſent au mouvement de la matiere électrique, produira dans les effluences & affluences dont nous avons parlé,

un retard ſemblable à celui que peut occaſionner la nature même du corps électriſé. On voit par-là pourquoi, toutes choſes égales d'ailleurs, l'électricité d'un corps ſe maintient plus long-temps, lorſque ce corps, ou ceux qui l'environnent, ſont du nombre des corps électriques par eux-mêmes.

9. Les conducteurs des machines électriques nous fourniſſent une application ſimple de ces principes, par rapport aux corps an-électriques. Dans la machine ordinaire à plateau, les couſſins qui frottent ce plateau, lui tranſmettent ſans ceſſe une portion du fluide électrique qu'ils renferment en eux-mêmes, & dont les pertes ſe réparent aux dépends de celui des corps voiſins, avec leſquels ces couſſins ſont en communication. Le fluide eſt enſuite enlevé au plateau par les pointes ſituées aux deux extrêmités des branches du conducteur, qui par-là ſe trouve électriſé poſitivement. Le ſupport de verre, qui ſoutient le conducteur, & qui eſt du nombre des corps idio-électriques, empêche, par l'obſtacle qu'il oppoſe à la propagation de la matiere électrique (2), que le fluide ne s'échappe de ce côté; & ſi l'air environnant eſt très-ſec, le conducteur conſervera pendant un inſtant le fluide qui s'y trouve répandu par excès, au moment où l'on ceſſe de faire tourner le plateau entre les couſſins. Alors, ſi

l'on présente une pointe déliée de métal; à une petite distance de ce conducteur, on verra paroître une petite étoile lumineuse, & fort courte, qui indique, comme nous le verrons, une électricité positive. Cette étoile est produite par l'*effluvium* de la matiere électrique du conducteur, dont les molécules sont sollicitées par leur force répulsive mutuelle, & par l'attraction de la pointe, à se porter vers celle-ci, & à y pénétrer, ainsi que nous l'expliquerons dans la suite.

On fait aussi des machines dont les frottoirs sont isolés, de maniere que, communiquant au plateau leur propre fluide, & ne pouvant en tirer de nouveau des corps voisins, ils tendent continuellement à acquérir l'électricité négative. Alors il se fait vers les coussins un effluve continuel de la matiere électrique renfermée dans le conducteur qui, à son tour, s'électrise négativement. Dans ce cas, si l'on présente à ce conducteur une pointe métallique, on verra sortir de celle-ci un jet lumineux, ou une aigrete allongée, produite par le fluide qui va de la pointe au conducteur, pour lui restituer celui qu'il a perdu. On peut voir, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1786, la description d'une très-belle machine de ce genre, imaginée par M. le Roi, de la même Académie.

10. Jusqu'ici nous avons supposé le fluide uniformément répandu dans le corps électrisé : mais il arrive souvent qu'il y a surabondance de fluide dans une partie de ce corps, tandis qu'il y a défaut du même fluide dans une autre partie. Pour simplifier d'abord ce nouveau cas, imaginons un corps BC (*fig.* 1.) divisé en deux parties égales, *AB*, AC, & telles que le fluide de AC excede la quantité naturelle, & que celui de AB soit moindre que la même quantité, le rapport de la quantité acquise d'une part à la quantité perdue de l'autre, étant variable à volonté ; cherchons l'action de ce corps sur deux molécules E, D, placées vers ses deux extrémités. D'après ce qui a été dit (6 & 7), la partie AC exercera une force répulsive sur les deux molécules, en même-temps que la partie AB agira pour les attirer. Mais à cause de l'inégalité des distances où les deux molécules se trouvent par rapport à l'une quelconque des parties AB, AC, il est clair que la molécule E sera plus repoussée par la partie AC, que la molécule D, & que celle-ci, au contraire, sera plus attirée par la partie AB, que la molécule E. Cela posé, il peut arriver différens cas.

11. Pour mieux concevoir les effets relatifs à chacun de ces cas, observons d'abord que la répulsion de la partie AC, sur la molécule E,

par exemple, doit croître à mesure que la quantité de fluide additive, acquise par AC, sera elle-même plus grande. D'une autre part, l'attraction de la partie AB, sur la même molécule, croîtra aussi, à mesure que la quantité soustractive de fluide perdue par AB, sera plus considérable. Or, comme les quantités de fluide des deux parties sont censées variables, on conçoit qu'il peut arriver, par exemple, que la quantité perdue par AB soit telle, que l'excès d'attraction qui en résultera par rapport à la molécule E, compense exactement la diminution qu'éprouve, à raison d'une plus grande distance, cette même attraction, comparée à la répulsion de AC sur la même molécule. Dans ce cas, la molécule E restera immobile.

12. Si au contraire, la quantité de fluide, perdue par AB, n'est pas suffisante pour compenser l'effet de la distance, la répulsion de AC prévaudra sur l'attraction de AB, & la molécule E s'écartera du corps A. Si enfin la quantité soustractive du fluide de AB compense au-delà l'effet de la distance, il est aisé de voir que la molécule E se portera vers le corps A.

13. La molécule D, de son côté, subira divers états relatifs à ces différens cas. Si la molécule E, par exemple, reste immobile, la molécule D aura un mouvement progressif vers

le corps A, puiſqu'elle eſt plus voiſine de la partie AB, dont la force attractive, dans ce cas, excede la force répulſive de AC, comme nous venons de le voir, il n'y a qu'un inſtant. Si la molécule E tend vers le corps A, la molécule D ſera attirée, à plus forte raiſon, par le même corps.

14. En général, ſuivant les différens degrés relatifs des forces exercées par les deux parties du corps A, il pourra arriver que le fluide ſoit attiré & repouſſé à la fois des deux côtés, ou qu'il ſoit attiré de tel côté, tandis qu'il ſera repouſſé de l'autre, & réciproquement; ou qu'enfin il reſte immobile d'un côté, tandis que de l'autre il ſera attiré ou repouſſé.

15. Tous ceux qui connoiſſent la Théorie de M. Francklin, ſavent qu'une bouteille de Leyde, chargée à l'ordinaire, a ſa garniture intérieure dans l'état poſitif, & l'extérieure, dans l'état négatif. Comme ces deux effets s'étendent juſqu'à une certaine profondeur dans la lame de verre qui forme le ventre de la bouteille, nous pouvons conſidérer cette lame avec ſes deux garnitures, comme un corps unique, qui auroit une de ſes parties, c'eſt-à-dire, celle qui eſt en dedans, électriſée en plus, & l'autre qui regarde le dehors, électriſée en moins. On peut demander lequel des différens cas que nous venons

de ſuppoſer, eſt celui que réaliſe l'état actuel de la bouteille. Or, nous verrons que la Théorie ſur ce point eſt parfaitement conforme au réſultat d'une expérience que chacun peut faire, & qui indique l'action des deux moitiés de l'épaiſſeur de la bouteille. Après avoir chargé cette bouteille, enlevez-la, à l'aide d'un cordon de ſoie attaché à ſon crochet, & tenez-la ainſi ſuſpendue, au milieu de l'air, qu'il faut ſuppoſer très-ſec. Approchez alors le doigt à une petite diſtance du ventre de la bouteille. Il ne ſortira aucune étincelle intermédiaire, d'où il faut conclure que, comme la bouteille ne donne aucun ſigne d'électricité par ſa ſurface extérieure, cette ſurface eſt, à l'égard du fluide voiſin, comme ſi elle ſe trouvoit dans l'état naturel, c'eſt-à-dire, que le fluide n'eſt ni attiré, ni repouſſé de ce côté.

Mais nous avons vu (13) que dans le cas où l'une des deux molécules E, D, étoit immobile, l'autre molécule ſe trouvoit néceſſairement attirée ou repouſſée; en ſorte qu'il ne pouvoit y avoir équilibre à la fois des deux côtés. Il ſuit delà que le fluide voiſin de la garniture intérieure de la bouteille, qui eſt électriſée en plus, doit éprouver de la part de cette garniture une action répulſive. C'eſt ce qu'il eſt aiſé de vérifier. Car ſi l'on préſente le doigt à une petite diſtance du crochet de la bouteille, qui eſt cenſé faire

un même corps avec la garniture intérieure, on tirera une étincelle qui annonce l'effluve de la matiere électrique hors du crochet (*a*). Tout ceci s'éclaircira encore par ce que nous dirons dans un article particulier, où nous traiterons de l'expérience de Leyde.

16. Nous placerons ici un réfultat qui nous fera utile par la fuite. Si l'on fuppofoit que l'excès de fluide de AC, fe trouvât précifément égal au défaut de fluide de AB; alors la molécule D tendroit néceffairement à pénétrer dans le corps A, & la molécule E en feroit repouffée.

Pour le prouver, imaginons que les deux parties AC, AB, agiffent feules tour à tour fur la molécule D, placée à une diftance déterminée. Concevons de plus que la force répulfive de la partie AC foit concentrée dans un point déterminé. La force attractive de la partie AB pourra être conçue, comme concentrée dans le point correfpondant de cette derniere partie. Car, quelle que foit la loi que fuive la répulfion,

---

(*a*) Cette étincelle n'eft pas occafionnée précifément par le crochet, qui forme un furcroît de matiere ajoutée à la garniture intérieure. Nous verrons dans la fuite que celle-ci peut, dans ce cas, fournir une étincelle, indépendamment du crochet, & toutes chofes étant fuppofées égales de part & d'autre.

des molécules électriques, à raison de la distance, l'attraction des molécules propres du corps électrisé doit suivre la même loi, sans quoi il n'y auroit point compensation entre cette attraction & la répulsion des molécules du corps considéré dans l'état naturel; ce qui est contraire à l'expérience (3). Il suit delà que l'attraction exercée par AB sur la molécule D, sera égale, dans l'hypothese présente, à la répulsion de AC sur la même molécule, puisque d'un côté celle-ci est repoussée par AC, en raison de l'excès de fluide de cette même partie, & que de l'autre, elle sera attirée par la partie AB, en raison de la portion de la masse de AB, laquelle faisoit équilibre à la quantité de fluide, qui est censée avoir passé dans la partie AC. Donc dans le cas, représenté (*fig.* 1), où la molécule D est plus près de AB que de AC, l'attraction prévaudra sur la répulsion, & la molécule D sera sollicitée à entrer dans le corps BC. On conçoit qu'en même-temps l'action du corps BC sur la molécule E, doit être répulsive.

17. L'équilibre étant rompu entre les forces des parties AC, AB, il est clair qu'il tendra à se rétablir; en sorte qu'une portion du fluide de AC passera dans AB, jusqu'à ce que le corps soit rentré dans son état naturel. Ce retour se fera lentement, si le corps A est idio-électrique;

mais s'il eſt an-électrique, le fluide parviendra en un inſtant à l'uniformité.

On conclura auſſi des différens états où ſe trouvent les molécules E, D, ſuivant les divers cas mentionnés ci-deſſus, qu'il peut arriver que, pendant le retour du corps vers ſon état naturel, il ſorte du fluide de AC, ou qu'il en entre du dehors dans l'intérieur de AB, & la promptitude avec laquelle cette tranſmiſſion s'opérera, dépendra auſſi de la nature des corps environnans, & du plus ou moins de facilité que la matiere électrique éprouvera à les traverſer.

18. Si le fluide n'étoit pas uniformément répandu dans chaque partie du corps A, ou ſi, dans le cas d'une diſtribution uniforme, les deux parties n'étoient pas égales entr'elles, on obtiendroit toujours des réſultats analogues à ceux qui ont été expoſés ci-deſſus. Il y a une infinité de cas poſſibles, relatifs aux différens états de AC & AB. Mais chacun de ces cas ayant un rapport déterminé avec le cas le plus ſimple, qui eſt celui que nous avons conſidéré, ſera toujours ſuſceptible d'y être ramené.

Imaginons, par exemple, que la partie AC, ſoit double ou triple, ou, &c. de la partie AB; & que la portion de fluide, qui ſurabonde dans cette partie, ſoit égale à celle qui manque dans

la partie AB. Si l'on conçoit la molécule D, située entre ces deux parties séparées l'une de l'autre, le point dans lequel il faudra supposer que la force répulsive de AC est concentrée, n'aura plus, à la vérité, la même position que dans le cas mentionné (16); mais le point où il faudroit placer la molécule D, pour qu'elle fût autant attirée par AB, que repoussée par AC, se trouvera nécessairement entre les deux centres d'action des deux parties AB, AC, quoiqu'à des distances inégales de ces parties. Donc, dans le cas représenté (*fig.* 1), la molécule D étant plus voisine du centre d'action de AB que de celui de AC, cette molécule tendra toujours à pénétrer dans le corps AB; tandis que la molécule E sera sollicitée à s'en écarter.

19. Passons maintenant à la recherche des loix, suivant lesquelles deux corps électriques agissent l'un sur l'autre. Soient A, B, (*fig.* 2), ces deux corps, que l'on suppose d'abord dans l'état naturel. Toute action étant réciproque, il suffira de considérer celle du corps A sur le corps B. Or il y a quatre forces qui entrent comme élémens dans cette action.

1°. La matiere propre de A attire le fluide de B.

2°. Le fluide de A repousse celui de B.

3°. Le fluide de A attire la matiere propre de B.

4°. La matiere propre de A exerce aussi sur la matiere propre de B une action que nous déterminerons plus bas.

Il est clair d'abord, d'après ce qui a été dit, (3), que l'attraction de la matiere propre de A sur le fluide de B, est égale à la force répulsive mutuelle des deux fluides : car il en est ici du corps B, vis-à-vis du corps A, comme d'une partie qnelconque d'un seul corps, à l'égard d'une autre partie du même corps. Ainsi les deux forces dont il s'agit, se faisant équilibre, leur effet est comme nul.

En second lieu, la premiere force est égale à la troisieme, c'est-à-dire, qu'autant la matiere propre de A attire le fluide de B, autant le fluide de A attire la matiere propre de B. Pour le prouver, observons que l'effort que font les deux corps, pour se porter l'un vers l'autre, en vertu de l'attraction mutuelle de leurs fluides & de leurs masses, doit être estimé ici, comme la quantité de mouvement dans le cas de l'équilibre, c'est-à-dire, par le produit des masses & des vîtesses. Cela posé, plus la matiere propre ou la masse de A est considérable, plus chaque molécule du fluide de B a de vîtesse pour se porter vers A. Donc cette vîtesse est proportionnelle à la masse de A. Donc la quantité de

mouvement du fluide de B, ou le produit de la vîtesse de ce fluide par sa masse, est comme la masse même de A, multipliée par la masse du fluide de B. On verra de même, que l'effort avec lequel B est attiré par le fluide de A, est comme la masse de ce fluide, qui determine ici la vîtesse de B, multipliée par la masse de B.

Soit M la masse de A; Q sa quantité de fluide; *m* la masse de B; *q* sa quantité de fluide; les deux attractions, ou les quantités de mouvement seront comme le produit de M par *q*, est au produit de Q par *m*. Mais les quantités de fluide naturelles étant proportionnelles aux masses, on aura M est à *m*, comme Q est à *q*; & multipliant l'un par l'autre, les extrêmes & les moyens, on trouvera que le produit de M par *q* est égal au produit de Q par *m*; c'est-à-dire, que les quantités de mouvement, & par conséquent la premiere & la troisieme des forces mentionnées ci-dessus sont égales entr'elles. Or, la premiere étant égale & contraire à la seconde, il s'ensuit que l'effet de la troisieme est nécessairement balancé par une quatrieme, qui lui est pareillement égale & contraire. Mais il ne reste, pour la quatrieme force, que celle qu'exerce la matiere propre de A sur celle de B; d'où M. Æpinus conclud, 1°. que les molécules de la matiere propre des deux corps A & B, ont une

force répulsive mutuelle; 2°. que cette force est égale à l'une quelconque des trois premieres forces; c'est-à-dire, qu'il y a égalité entre les quatre forces dont il s'agit.

20. Quoique l'existence d'une force répulsive, mutuelle entre les molécules propres des corps, paroisse suivre immédiatement des principes de la Théorie de l'Électricité (*a*), tels que M. Francklin, & tant d'autres Physiciens après lui les ont admis; l'Auteur ne dissimule pas la répugnance qu'il a eue d'abord à se persuader que la force dont il est question pût avoir lieu dans la nature. Mais il ajoute, qu'après y avoir bien réfléchi, il n'a rien trouvé dans cette supposition qui fut contraire à l'analogie des opérations de la nature; puisqu'il y a une multitude de circonstances où l'on observe des actions répulsives entre les corps. La gravitation universelle prouvée par Newton, ne peut faire ici une difficulté solide. Car, comme l'effet de la répulsion dont on a parlé est détruit par l'action du fluide électrique, dans tous les corps qui renferment

(*a*) Cette conséquence n'est pas nécessaire, puisqu'il est probable que l'on trouvera une autre maniere d'expliquer la chose, quand la nature du fluide électrique nous sera plus connue. Voyez le Discours préliminaire.

leur quantité naturelle de ce fluide, cette répulsion eſt comme nulle, par rapport à l'attraction universelle dont elle ne trouble point l'action ſur les différens corps, excepté dans les cas où ceux-ci donnent des ſignes extérieurs d'électricité, d'où réſultent des effets particuliers, qu'il faut regarder comme des eſpeces d'exceptions à la loi générale. Et ſi l'on objecte à M. Æpinus, que deux forces oppoſées, telles que la répulſion & l'attraction, ſont incompatibles dans le même ſujet; il répond, que ne conſidérant pas ces deux forces, comme inhérentes à la matiere, mais comme produites par des cauſes extérieures, il ne peut être accuſé de contradiction, puiſque rien ne répugne à ce qu'un corps ſoit ſollicité à la fois par deux puiſſances contraires. C'eſt ainſi, par exemple, que les molécules d'un fluide élaſtique ſe repouſſent mutuellement en vertu de leur reſſort, quoique ſoumiſes à la loi de la gravitation univerſelle.

21. Nous venons de voir que deux corps A & B, dans l'état naturel, n'avoient l'un ſur l'autre aucune action ſenſible qui pût être attribuée à l'électricité. Concevons que le fluide de A ſoit augmenté d'une certaine quantité. En reprenant les quatre forces mentionnées ci-deſſus, ſavoir :

1°. L'attraction de A ſur le fluide de B.

2°. La répulsion mutuelle des deux fluides.

3°. L'attraction du fluide de A sur B.

4°. La répulsion mutuelle de A & de B.

Il sera facile de voir que l'accroissement du fluide de A, n'altere, en aucune maniere, la premiere & la quatrieme force; puisque l'action du fluide de A n'entre point comme élément dans ces forces. Il n'y aura que la seconde & la troisieme force qui subiront des changemens. Or, dans l'état naturel, la seconde force est à la troisieme (19), comme le produit des masses des deux fluides, est au produit du fluide de A par la masse de B. Mais ces deux produits étant égaux, si l'on augmente d'une même quantité leur facteur commun, qui est la masse du fluide de A, il est clair que l'égalité subsistera toujours. Donc dans le cas où le fluide de A seroit augmenté, la seconde force fera équilibre à la troisieme; & comme la premiere est égale à la quatrieme dont elle balance l'effet, il s'ensuit que le corps A, dans l'hypothese présente, n'aura pas plus d'action sur le corps B, que s'il étoit dans l'état naturel.

Si l'on suppose, au contraire, que le fluide de B soit diminué d'une certaine quantité, on trouvera que la seconde & la troisieme force sont encore égales, comme dans le cas précédent.

22. Il suit delà, qu'un corps électrisé soit positivement, soit négativement, n'a aucune action sur un second corps qui est dans son état naturel. Cette conséquence, quoique déduite immédiatement de la Théorie de M. Francklin, paroît d'abord contraire à un fait admis par les partisans de cette Théorie, & que l'expérience semble confirmer au premier coup-d'œil; savoir, que les corps électrisés, soit positivement, soit négativement, attiroient toujours d'autres corps qui n'avoient que leur quantité naturelle d'électricité. Mais tout se concilie, en admettant un autre fait, dont l'existence sera prouvée dans la suite, & qui consiste en ce qu'aucun corps, dans l'état naturel, ne peut être approché d'un autre corps, que l'on suppose électrisé, sans être tiré lui-même de l'état naturel, & sans devenir électrique. Or, c'est en vertu du nouvel état de ce corps, que l'autre a une action sensible sur lui; & comme la cause qui le rend électrique agit très-promptement, il n'est pas surprenant que l'on ait regardé ce corps, comme étant encore dans l'état naturel, au moment où l'autre agissoit sur lui, & que la vraie explication de ce phénomene ait échappé aux partisans de la Théorie de M. Francklin.

23. Supposons maintenant que les corps A & B soient électrisés tous les deux positivement,

Pour concevoir l'effet qui en résultera, rappelons-nous que dans le cas où le corps A est seul électrisé en plus, la seconde & la troisieme des quatre forces mentionnées ci-dessus (21), se trouvent augmentées l'une & l'autre dans un rapport égal, les deux autres forces restant les mêmes.

Or, si B est lui-même électrisé positivement, il est clair 1°. que la premiere force, qui est l'attraction de A sur le fluide de B, se trouvera augmentée. 2°. Que la seconde force, c'est-à-dire, la répulsion mutuelle des deux fluides, qui étoit déja plus grande que la premiere force, recevra un nouvel accroissement. 3°. Que les deux autres forces ne subiront aucun changement, puisque l'action du fluide de B n'entre point comme élément dans ces forces. Cela posé, il est facile de voir que l'équilibre sera rompu; en sorte que les attractions & les répulsions ne se balanceront plus mutuellement; mais que les secondes prévaudront.

Car dans le cas où le corps A étoit seul électrisé positivement, la premiere force étoit égale, & contraire à la quatrieme; la seconde étoit égale, & contraire à la troisieme: en sorte que chacune de celles-ci étoit plus grande que l'une quelconque des deux autres. Or, supposons, pour plus de simplicité, que

l'accroiſſement du fluide de B, dans le cas où ce corps ſe trouve auſſi électriſé poſitivement, ſoit capable de doubler la ſeconde force, ou la répulſion mutuelle des deux fluides. L'équilibre ne pourra ſubſiſter qu'autant que le même accroiſſement auroit doublé en même-temps une autre force égale & contraire à la ſeconde ; mais il n'y a que la troiſieme force qui ſoit dans ce dernier cas. Or, l'accroiſſement du fluide de B n'occaſionne point de changement dans cette troiſieme force, mais ſeulement dans la premiere qui ſe trouvera auſſi doublée ; puiſque l'action du fluide de B eſt un de ſes élémens. Donc, puiſque cette force étoit plus petite que la ſeconde, la répulſion de celle-ci ſe trouvera augmentée en plus grand rapport, que l'attraction de la premiere, d'où il ſuit que la ſomme des répulſions l'emportera ſur celle des attractions ; en ſorte que les deux corps A, B, ſe repouſſeront mutuellement.

Si l'on imagine que les deux premieres forces, au lieu d'être doublées, ſe ſoyent accrues dans tout autre rapport, il en réſultera toujours que la premiere ſera plus petite que la ſeconde ; en ſorte que, dans tous les cas, il y aura répulſion entre les corps A & B (*a*).

(*a*) Pour ſaiſir plus facilement ce réſultat, on peut,

24. Supposons, au contraire, que A étant toujours électrisé positivement, B se trouve électrisé négativement. On verra, par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait pour le cas précédent, que la diminution du fluide de B fera décroître la seconde force, qui est celle par laquelle les deux fluides se repoussent, de ma-

---

à l'aide des nombres, en faire l'application à un cas particulier. Représentons par 2 chacune des quatre forces mentionnées dans l'état naturel; & concevons que d'abord A seul soit électrisé positivement, de maniere que son fluide se trouve triplé. La seconde force, c'est-à-dire, la répulsion mutuelle des deux fluides, & la troisieme, savoir, l'attraction du fluide de A sur B, seront aussi triplées, & l'expression de chacune sera 6. La premiere force, c'est-à-dire, l'attraction de A sur le fluide de B; & la quatrieme ou la répulsion de A sur B, ne recevront aucun changement. Donc la somme des deux attractions & celle des deux répulsions, deviendront chacune 6 plus 2, ou 8, d'où il suit qu'il y aura encore équilibre.

Les choses étant dans cet état, concevons que le fluide de B soit doublé. La premiere force qui étoit 2 deviendra 4; la seconde, qui étoit 6, deviendra 12. La troisieme sera toujours 6, & la quatrieme toujours 2. Or, la premiere & la troisieme sont attractives; la seconde & la quatrieme sont répulsives; donc la somme des attractions sera 4 plus 6, ou 10; la somme des répulsions sera 12 plus 2, ou 14; par où l'on voit que les répulsions l'emporteront.

niere qu'elle aura perdu une plus grande partie de ſon action que la premiere. Donc celle-ci, qui eſt poſitive, l'emportera, & les deux corps s'attireront mutuellement.

25. Suppoſons enfin que les corps A, B, ſe trouvent tous les deux électriſés négativement. La ſeconde & la troiſieme force perdront également, en vertu de la ſeule électricité négative de A; donc l'équilibre ſubſiſteroit encore à cet égard. Mais en vertu de l'électricité négative de B, la ſeconde force, qui étoit devenue plus petite que la premiere, perdra moins de ſon action : car ſi elle eſt diminuée de moitié, par exemple, il eſt évident qu'une ſemblable diminution fera decroître davantage la premiere, qui étoit plus conſidérable (*a*). Donc puiſque la ſeconde force eſt répulſive, la ſomme des répulſions prévaudra ſur celle des attractions, & les deux corps s'écarteront l'un de l'autre.

26. Il eſt facile de conſtater ces réſultats par l'expérience. Ayez deux petites balles de liége, ou de moelle de ſureau, *f*, *h*, fig. 12, ſuſ-

(*a*) Il faut obſerver, que comme les réſultats ſont donnés par la différence entre la ſomme des attractions & celle des répulſions, les accroiſſemens ou les pertes des forces, doivent être eſtimées par des quantités abſolues.

pendues par des crins aux extrêmités de deux tiges recourbées AB, CD, faites de quelque matiere idio-électrique, telle que le verre, la Cire d'Espagne, &c. & garnies aux points de suspension *e*, *n*, de deux boules de métal; placez ces deux tiges de maniere que les balles *f*, *h*, soyent à une petite distance l'une de l'autre, comme le représente la figure. Après avoir électrisé par frottement un tube de verre, que l'on sait acquérir, dans ce cas, l'électricité positive, touchez en même tems, les deux points de suspension *e*, *n*. A l'instant les deux balles *f*, *h*, étant elles-mêmes électrisées en plus, comme il sera prouvé par la suite, se repousseront mutuellement, ce qui est le premier résultat.

27. On sait que la Cire d'Espagne s'électrise en moins par le frottement. Si donc vous touchez l'un des points de suspension tel que *e*, avec un bâton de cire ainsi électrisé, & l'autre point *n*, avec le tube de verre, dont nous avons parlé plus haut, alors chaque balle acquerant une électricité analogue à celle du corps, qui touche son point de suspension, les deux balles se trouveront dans des états différens, & on les verra se porter l'une vers l'autre. Ce qui représente le second résultat.

28. Pour mettre le troisieme résultat en expérience, on conçoit, d'après ce qui a été dit,

qu'il ne s'agit que de toucher à-la-fois les deux points de ſuſpenſion *e*, *n*, avec un bâton de Cire d'Eſpagne électriſé par frottement. L'effet de ce contact ſe manifeſtera par la répulſion mutuelle des deux balles.

29. Concluons delà, 1°. que s'il y a excès ou défaut de fluide en même tems dans les deux corps, ils ſe repouſſeront mutuellement.

2°. Que s'il y a excès de fluide dans l'un & defaut dans l'autre, ils s'attireront mutuellement.

30. Il peut arriver (& ce cas eſt effectivement très-commun) que le fluide ne ſoit pas repandu uniformément dans les deux corps A, B, mais qu'il abonde dans certaines parties de ces corps, tandis que dans les autres parties, il y en auroit moins que la quantité naturelle; ſuppoſons d'abord, pour plus grande ſimplicité, un corps A (fig. 3) dans l'état où nous l'avons conſidéré (10), c'eſt-à-dire, diviſé en deux parties égales AC & AB, dont la premiere ſoit électriſée poſitivement & la ſeconde négativement. On a vu que ſuivant les proportions des quantités additive & ſouſtractive du fluide renfermé dans AC & AB, il pouvoit arriver que l'une quelconque des molécules E, D, reſtât immobile, ou fut attirée vers l'extrêmité correſpondante du corps A, ou en fut repouſſée.

Concevons maintenant un autre corps G, voi-

ſin de la partie AC. Il eſt clair d'abord que ſi ce corps eſt dans ſon état naturel, le corps A n'aura aucune action ſur lui (22). Reſte à examiner les cas où G ſeroit lui-même électriſé, ſoit poſitivement, ſoit négativement.

Pour eſtimer les effets du corps A ſur le corps G, nous les comparerons avec ceux qu'il produiroit ſur la molécule E. Suppoſons d'abord que cette molécule ſoit autant attirée que repouſſée, & que le corps G ſoit dans l'état poſitif. Il eſt clair que la partie AB étant à une plus grande diſtance de la molécule E que la partie AC, ne balance la force répulſive de cette partie qu'à raiſon d'un excès d'électricité négative. Or, ſi l'on conçoit que la molécule E s'écarte du corps, ſuivant la direction RN, il eſt aiſé de voir qu'elle s'éloignera plus à proportion de la partie AC que de la partie AB. Car ſuppoſons qu'étant appliquée à la ſurface du corps A, elle ſe trouvât à un pouce de diſtance du centre de la partie AC, que je prends ici pour terme de comparaiſon, & à deux pouces de diſtance du centre de la partie AB. Donc ſi elle s'eſt écartée, par exemple, d'un pouce dans la direction RN, elle ſe trouvera alors à deux pouces de diſtance du centre de AC, & à trois pouces du centre de AB. Donc la premiere diſtance ſera doublée, tandis que la ſeconde ne ſera augmentée que dans le rapport

de deux à trois. On voit par-là que la molécule E ne peut s'écarter du corps A, ſans que la répulſion de AC ſur cette molécule ne diminue en plus grand rapport que l'attraction de AB. Donc partout ailleurs qu'au point E, en allant vers N, l'attraction l'emporte ſur la répulſion. Donc le corps A agit ſur la molécule E, dans tous les points ſitués vers N, comme agiroit un corps dans l'état négatif. Or, le corps G, qui eſt poſitif, ne différant d'un corps dans l'état naturel, qu'à raiſon d'un excès de fluide, toute l'action du corps A peut être conçue comme s'exercant ſur cet excès; d'où il réſulte que l'on peut aſſimiler cette action à celle qui a lieu par rapport à la molécule E. Donc à quelque diſtance que l'on place le corps G, il ſera attiré par le corps A.

Il eſt facile de voir que ſi G étoit dans l'état négatif, il ſeroit repouſſé, au lieu d'être attiré, à quelque diſtance qu'on le placât du corps A.

31. Concevons maintenant que la molécule E ſoit plus repouſſée qu'attirée. Si l'on ſuppoſe qu'elle abandonne la ſurface du corps A, pour ſe porter vers N, la force répulſive de la partie AC ſur cette molécule diminuant en plus grande raiſon que la force attractive de AB (30), on conçoit qu'il y aura un point où la diſtance compenſera l'excès de la force attractive, en ſorte que les deux forces ſe balanceront; & à ce

point, la molécule E, abandonnée à elle-même, resteroit immobile. Au-delà de ce point, la force attractive de AB, continuant de décroître en moindre raison, que la force répulsive de AC, deviendra prépondérante; en sorte que la molécule sera attirée dans tous les points situés plus loin que celui où elle étoit en équilibre.

Soit maintenant R ce dernier point; ayant mené la verticale OP, si l'on conçoit que cette verticale traverse le corps G, qui est censé dans l'état positif, il est facile de voir que la partie OM de ce corps sera plus repoussée qu'attirée; & qu'au contraire, la partie OS sera plus attirée que repoussée. Or, on peut toujours supposer le corps partagé par la ligne OP, de maniere que la répulsion d'une part soit égale à l'attraction de l'autre, d'où il suit qu'il y a une position où le corps G resteroit immobile. On voit également que ce corps ne pourra se mouvoir de R en E, sans être plus repoussé qu'attiré, ni de R en N, sans être plus attiré que repoussé.

Si le corps G étoit dans l'état négatif, on auroit des résultats semblables, mais en sens contraire; en sorte que ce corps seroit repoussé dans les mêmes circonstances où il eût été attiré, étant positif, & *vice versâ*.

32. En appliquant à la molécule D les mêmes raisonnemens que nous venons de faire pour la

molécule E, on verra qu'il peut arriver de même, ſuivant les divers états des parties du corps A, qu'un corps H ſitué du côté de AB, & dans l'état poſitif ou négatif, tantôt reſte immobile, & tantôt ſoit atttiré ou repouſſé.

33. Nous avons fait voir (16), que ſi l'excès de fluide contenu dans AC, étoit égal au défaut de fluide de AB, la molécule D ſeroit attirée, & la molécule E repouſſée par le corps A. On conclura aiſément de ce réſultat & de tout ce qui vient d'être dit, que dans le même cas, le corps G étant ſuppoſé dans l'état poſitif, ſeroit repouſſé à toutes les diſtances, & qu'au contraire il ſeroit attiré, s'il ſe trouvoit dans l'état négatif.

Mais cette conſéquence ſuppoſe que les deux parties du corps A ont une épaiſſeur ſenſible. Car ſi, par quelque moyen, on pouvoit faire en ſorte qu'elles fuſſent cenſées n'avoir qu'une épaiſſeur infiniment petite, on concevra qu'alors le corps G, étant à des diſtances ſenſiblement égales, par rapport aux deux parties du corps A, ſeroit autant repouſſé qu'attiré, & reſteroit immobile à toutes les diſtances.

M. Æpinus a repréſenté ce dernier cas, à l'aide d'une expérience curieuſe. Ce Phyſicien a pris deux lames de verre, de pluſieurs pouces de

de largeur, & a fixé perpendiculairement sur le milieu d'une des faces de chacune, un manche de verre, en se servant de cire à cacheter pour ciment. Ayant ensuite frotté ces lames plusieurs fois l'une contre l'autre par leurs faces libres; puis les tenant en contact immédiat, il a présenté la surface postérieure de l'une d'elles, à une petite balle de liége suspendue à un fil de soie. Si l'appareil se fût trouvé susceptible de donner quelques signes d'électricité, cette balle auroit été d'abord électrisée, en vertu de la proximité des deux lames de verre, comme nous le verrons plus bas; puis attirée jusqu'au point de contact, & ensuite repoussée. Cependant la balle restoit immobile à toutes les distances: car, pendant le frottement mutuel des deux lames, une partie du fluide contenu dans celle qui se trouvoit plus disposée à en céder, avoit passé dans l'autre, en sorte que la premiere avoit acquis l'Électricité négative; & la seconde, l'Électricité positive. Mais comme cet effet, assez peu considérable en lui-même, ne s'étendoit dans chaque lame, qu'à une profondeur infiniment petite (½); en sorte qu'il n'y avoit que les surfaces en contact, qui fussent sensiblement électriques, les distances entre ces surfaces & la balle de liége, étant censées égales, celle-ci n'éprouvoit aucune action de la part de l'appareil.

Au contraire, dès que l'on écartoit les deux lames l'une de l'autre, la balle étoit à l'instant attirée par la lame voisine, puis repoussée, aussitôt qu'elle avoit touché cette lame. Nous donnerons dans la suite une explication détaillée de ces attractions & répulsions successives.

34. Examinons maintenant le cas où chacun des deux corps DB, FH (*fig. 4*), seroit tel que ses deux parties se trouvassent dans divers états, soit positifs, soit négatifs. Supposons d'abord que les parties CD, FG, soient dans l'état positif, & les parties BC, GH, dans l'état négatif. Concevons de plus, que, dans le cas où la partie FG existeroit seule, elle fût repoussée par le corps C, à quelque distance qu'on la plaçât de ce corps. L'action de C, dans ce cas, est par-tout la même, que s'il étoit dans un état positif. Si nous considérons maintenant l'effet que doit produire l'addition de la partie GH, qui est dans l'état négatif, nous pouvons imaginer que la quantité de fluide, soustraite de cette partie, soit en telle proportion avec la quantité additive du fluide de FG, qu'il y ait un point où elle compense exactement la différence des distances où se trouvent les deux parties du corps G, à l'égard du corps C; en sorte que l'effet de l'attraction sur GH, soit égal à celui de la répulsion sur FG. Dans ce cas, le corps G restera im-

mobile. Maintenant, si on le place plus près du corps C, alors la partie FG, qui est dans l'état positif, s'approchant en plus grand rapport vers le corps C (30), que la partie GH, qui est dans l'état négatif, la répulsion l'emportera. Le corps G sera attiré, au contraire, si on le place plus loin que la distance où il eût été immobile.

On aura des résultats semblables pour le cas où la partie FG seroit dans l'état négatif, & la partie GH dans l'état positif, excepté qu'il y aura attraction où il y avoit répulsion, dans le cas précedent, & *vice versâ.*

35. Si les quantités de fluide des deux parties du corps C sont telles que la partie FG, que nous supposons de nouveau positive, & placée seule dans le voisinage de C, eût été attirée, puis fût restée immobile à une plus grande distance; & enfin, eût commencé à être repoussée à une distance encore plus grande, il est clair que le corps C agira d'abord dans cette hypothese, comme s'il étoit électrisé négativement, puis dans l'état naturel, & enfin dans l'etat positif: ce cas est susceptible de plusieurs solutions. Il suffira, pour notre objet, de considérer ce qui se passe, tant que le corps G reste dans l'étendue où le corps C agit comme étant négatif. On conçoit que le rapport

des quantités de fluide contenues dans les parties FG, GH, peut être tel, qu'à une distance donnée, l'effet de l'attraction qui auroit eu lieu sur la seule partie FG, soit balancé par un effet égal & contraire; & à ce point, le corps G demeurera immobile. En-deça de ce point, vers le corps C, le corps G sera attiré, parce que la distance de FG, par rapport au corps C, deviendra moindre, à proportion que la distance de GH (30) : au-delà du même point il y aura répulsion.

Si, au contraire, FG est la partie électrisée négativement, & GH la partie électrisée positivement, on aura des phénomenes analogues, avec cette différence que les forces attractives prendront la place des forces répulsives, & réciproquement.

36. Enfin, si l'on suppose BC positive, CD négative, & si le rapport des quantités de fluide de ces deux parties est tel, que FG étant positive, & placée dans le voisinage de C, fût repoussée; puis restât immobile à une plus grande distance, pour commencer à être attirée dans les points ultérieurs; on concevra, par un raisonnement semblable, qu'il pourra se faire que le corps G soit repoussé, dans une certaine proximité de C; que placé plus loin, il demeure immobile, & que plus loin encore il soit attiré.

Concluons de tout ce qui précede, que si les deux parties d'un corps C sont dans deux états

différens d'électricité, & qu'il se trouve à une certaine distance de ce corps, un second corps G, électrisé, soit en plus, soit en moins, ou même qui ait aussi ses deux parties différemment électrisées, quelle que soit d'ailleurs la position respective des parties de ces deux corps, on pourra toujours concevoir un point où le corps G resteroit immobile, & d'autres points situés en-deçà & au-delà, dans lesquels le corps G seroit, ou plus attiré que repoussé, ou plus repoussé qu'attiré. Observons cependant que ces suppositions ne peuvent avoir lieu que dans le cas où l'on seroit le maître de faire varier à volonté les quantités de fluide des deux corps, & le rapport de celles que contiennent leurs différentes parties. Nous verrons plus bas, à l'article des attractions & répulsions, comment il peut arriver que les suppositions dont il s'agit, soient soumises à certaines conditions, qui resserrent les resultats entre des limites déterminées.

37. Si les deux corps DB, FH, étoient divisés en plus de deux parties, qui fussent dans divers états d'électricité positive & négative, il seroit toujours possible de ramener l'estimation de leur action mutuelle à celle de deux corps électrisés tout entiers, en plus ou en moins, tels que ceux des Numéros 23, 25 & 27. Concevons, par exemple, un corps AD (*fig.* 5), divisé en trois

parties, dont la premiere CD soit dans l'état positif; la seconde BC dans l'état négatif, & la troisieme AB dans l'état positif. Si l'on supprime pour un instant la partie AB, & que l'on considere l'action des deux parties CD, BC, sur une molécule *f* de fluide, on trouvera, d'après les principes exposés N°. 10 & suivans, un résultat quelconque, qui fera connoître si le corps DB, composé des deux parties DC, CB, est relativement à la molécule *f*, dans l'état naturel, ou dans un état, soit positif, soit négatif. Supposons que le résultat donne pour DB un état négatif. On considérera la totalité DA, comme composée de deux parties DB, BA, dont la premiere seroit dans l'état négatif, & la seconde dans l'état positif, & l'on recherchera l'action de ce corps sur une molécule *b* voisine de l'extrêmité A. Il résultera de cette recherche, que la molécule *b*, ou resteroit immobile, ou seroit attirée ou repoussée par le corps DA. On en conclura l'action de ce corps sur un autre corps G placé à une petite distance, comme pour le cas du n°. 30.

Si le corps G étoit lui-même composé de plusieurs parties qui fussent électrisées positivement ou négativement, il sera facile, d'après ce que nous venons de dire, de ramener l'état de ce corps à celui d'un corps électrisé tout entier en plus ou en moins, & de déterminer ainsi l'action réciproque des deux corps DA & G.

III. *De la loi que suit l'action de la matiere électrique, à raison des distances.*

38. Dans tout ce qui précede, nous nous sommes bornés à considérer l'action de la matiere électrique, comme croissant ou décroissant en général, à mesure que la distance diminue ou augmente entre les corps électrisés ; mais cet accroissement suit une loi qu'il étoit très-intéressant de déterminer. Sans cette nouvelle connoissance, la Théorie restoit incomplete, & il y avoit des problêmes dont elle ne pouvoit donner la solution, même d'une maniere approchée, ainsi que nous le verrons dans la suite. C'est à M. Coulomb, de l'Académie Royale des Sciences, que nous devons cette importante découverte, qu'il a consignée dans un Mémoire lu à l'Académie en 1785, & dont il a bien voulu nous permettre d'insérer ici un extrait. Le résultat de ses expériences est que l'Électricité suit, comme l'attraction, la raison inverse du quarré des distances (*a*).

(*a*) Le quarré d'un nombre est le produit de ce nombre par lui-même. Ainsi le quarré de 2 est 4, celui de 3 est 9, celui de 4 est 16, &c. On dit d'une force,

Le moyen que M. Coulomb a employé pour déterminer cette loi, lui appartient aussi bien que la découverte elle-même. Il a fait, relativement à cet objet, un usage très-ingénieux des effets de la force de torsion, c'est-à-dire, de celle qui est capable de maintenir un fil de métal, tordu d'une certaine quantité, & de l'empêcher de se dérouler autour de son axe, pour se remettre dans son état naturel. Les Observations de M. Coulomb, par rapport aux effets de cette force, sont la matiere d'un autre Mémoire lu à l'Académie en 1784, où il indique des procédés, pour mesurer, avec beaucoup de précision, des forces de torsion proportionnelles à des poids extrêmement petits.

39. Voici en quoi consiste, dans le cas présent, l'appareil de M. Coulomb. ABDC (*fig.* 6), est un cylindre de verre, recouvert d'une plaque AC de même matiere. Sur le milieu de cette plaque est soudé un tuyau vertical *febh*, pareil-

qu'elle agit en raison inverse du quarré de la distance, lorsqu'à mesure que la distance augmente, l'action de la force diminue, suivant le rapport du quarré de cette distance, & réciproquement. Par exemple, si la distance est successivement doublée, triplée, quadruplée, &c. l'action de la force se trouvera réduite successivement au quart, au neuvieme, au seizieme, &c. de ce qu'elle étoit d'abord.

lement de verre, & ſurmonté d'un tuyau de cuivre beaucoup plus court *cbhd*, dans lequel tourne, avec frottement, une autre portion de tuyau du même métal. Celle-ci porte une plaque *ly*, percée d'un trou en ſon milieu, pour recevoir une petite tige à laquelle eſt attachée une aiguille *ol*, que l'on fait tourner à volonté, en même-temps que la tige. Le bord de la plaque *ly* eſt diviſé en 360°. dans le ſens *lky*. La tige porte à ſon extrêmité inférieure une petite pince, qui ſaiſit un fil d'argent très-délié *pn*, au bas duquel eſt ſuſpendu un petit cylindre de cuivre *nu*, pour le tenir tendu. Ce cylindre eſt, de plus, fendu dans ſa longueur, & fait l'office d'une pince qui preſſe un fil de ſoie *ag*, enduit de Cire d'Eſpagne, terminé d'un côté par une balle *a* de moële de ſureau; & de l'autre, par un morceau de papier huilé *g*, qui fait contre-poids.

La plaque AC eſt percée en *m* d'un trou, à travers lequel paſſe un ſecond fil de ſoie enduit auſſi de Cire d'Eſpagne, & maintenu dans une direction *mt*, à peu-près verticale, par le moyen d'un bâton *rs* de la même Cire. Ce fil de ſoie porte à ſon extrêmité inférieure *t* une autre balle *x* de moële de ſureau, qui correſpond au point zéro d'un cercle gradué *zq*, attaché ſur la ſurface extérieure du cylindre ACDB. On

peut toujours, à l'aide du tuyau de cuivre ſupérieur, que l'on fait tourner doucement dans celui où il eſt emboîté, diſpoſer les choſes de maniere que la balle *a* touche la balle *x*, ſans que le fil de ſuſpenſion éprouve aucune torſion.

L'appareil étant dans cet état, on électriſe par communication les deux balles *a*, *x*, en les touchant avec un petit conducteur électriſé que l'on introduit dans le trou *m*, qui doit être ſuffiſamment ouvert. Ce conducteur n'eſt autre choſe qu'une épingle enfoncée dans un bâton de Cire d'Eſpagne, électriſé par frottement. Au même inſtant, la balle *a*, repouſſée par la balle *x*, s'en écarte d'un certain nombre de degrés, qui étoit de 36, dans l'expérience faite par M. Coulomb, en préſence de l'Académie. Par ce moyen, le fil de ſuſpenſion *pn*, s'eſt trouvé lui-même tordu ſous un angle de 36°; on a continué de le tordre, en faiſant tourner l'aiguille *ol* vers *k*, juſqu'à ce que l'extrêmité de cette aiguille, en partant du point zéro, fût parvenue vis-à-vis le cent vingt-ſixieme degré de la graduation *lky*.

La répulſion des deux balles n'étant plus ſuffiſante pour réſiſter à cette ſeconde torſion, la balle *a* s'eſt rapprochée de la balle *x*, juſqu'au point où l'équilibre s'eſt trouvé rétabli entre les deux forces. Dans l'expérience citée, la balle *a* s'eſt placée à 18° de diſtance de la balle *x*.

Ajoutant 18° à 126°, on a 144°, pour l'angle entier de torsion.

Or, la force de torsion, telle que M. Coulomb l'a déterminée, varie, toutes choses égales d'ailleurs, comme les angles de torsion. Mais ici, ces angles sont, le premier de 36°, & le second de 144°, quadruple du premier. En même-temps les distances entre les balles, étoient, l'une de 36° & l'autre de 18°, c'est-à-dire, dans le rapport de deux à un. D'où il suit que les répulsions qui étoient mesurées par les angles de torsion, ont suivi la raison inverse des quarrés des distances (*a*). M. Coulomb a varié l'expérience de plusieurs manieres, & le résultat a toujours été conforme à la loi assignée.

40. M. Coulomb a donné depuis un second Mémoire, dans lequel il expose différens moyens qu'il a employés pour déterminer aussi la loi que

---

(*a*) La distance entre les deux balles n'est pas mesurée précisément par l'angle de torsion, mais par la corde de l'arc, qui joint les centres de ces balles. De plus, tandis que la balle *a* s'écarte de la balle *x*, la force répulsive de celle-ci étant censée agir, suivant une droite qui passeroit par les centres des deux balles, il est facile de voir que cette force est oblique sur le levier *na*, d'où il suit qu'elle se décompose, en sorte que le véritable levier est plus court que *na*. Or, en substituant d'une part l'arc de torsion, à la corde de

ſuivent les attractions électriques, à différentes diſtances. L'un de ces moyens eſt analogue à celui que nous venons de décrire. Les deux balles étant électriſées, l'une poſitivement, & l'autre négativement, il ne s'agit que de tordre le fil de ſuſpenſion ſous un certain angle, en ſens contraire de celui ſuivant lequel agit l'attraction. Le levier qui porte la balle mobile, tend d'une part à obéir à cette torſion, en tournant autour du point de ſuſpenſion; mais d'une autre part, l'attraction mutuelle des deux balles agit pour ramener ce levier, & diminuer d'autant l'angle de torſion. La quantité de cette diminution donne la meſure de la force qui fait équilibre à l'attraction réciproque des balles; & M. Coulomb, en eſtimant cette force à différentes diſtances, a trouvé que les réſultats étoient les mêmes que pour la force de répulſion.

Au reſte, il eſt facile de prouver, par la ſeule

---

cet arc, qui eſt plus courte, on ſuppoſe la diſtance entre les deux balles, plus grande qu'elle ne l'eſt en effet. Mais, en ſubſtituant d'une autre part au véritable levier, un autre levier, qui eſt plus long, on ſuppoſe auſſi la force répulſive trop grande. Or, quand les angles, qui donnent les diſtances des balles, ne ſont pas conſidérables, les deux erreurs ſont à peu-près proportionnelles; en ſorte que l'exactitude du réſultat n'en eſt pas ſenſiblement altérée.

voie d'induction, que les attractions suivent, comme les répulsions, la raison inverse du quarré des distances. Concevons d'abord deux balles qui se repoussent en vertu de leur électricité négative. Nous pouvons considérer chaque balle, comme composée de deux matieres, dont l'une auroit ses parties dans l'état naturel, & l'autre auroit les siennes évacuées de fluide. Or, c'est en vertu de la portion de matiere évacuée, que les deux balles se repoussent. Imaginons maintenant que dans l'une des balles cette portion passe à l'état naturel, en vertu d'un accroissement déterminé de fluide; cet accroissement fera équilibre à la répulsion qu'exerçoit la même portion de matiere propre; en sorte que la balle n'aura plus aucune action sur l'autre (22). Concevons enfin, que cette portion de matiere propre soit supprimée, & que le fluide qu'elle renfermoit se distribue dans la portion qui reste. La balle passera à l'état positif, & son attraction sur l'autre balle, s'exerçant en vertu d'une quantité de fluide proportionnelle à la partie de matiere propre, qui exerçoit d'abord une force répulsive, l'attraction sera elle-même proportionnelle à cette force. Or, le même raisonnement s'appliquant à chacun des cas particuliers dans lesquels peuvent se trouver les deux balles, il en résulte que les attractions

varient dans le rapport des répulſions, & qu'elles ſuivent la même loi.

IV. *Application de la Théorie aux attractions & répulſions électriques.*

Nous avons expoſé, dans le ſecond article, les principes généraux qui peuvent ſervir à expliquer les attractions & répulſions électriques; mais il eſt néceſſaire d'entrer dans un plus grand détail, pour appliquer ces principes aux divers cas particuliers que préſente l'obſervation des phénomenes dont il s'agit. On jugera, par la comparaiſon qui en réſultera, avec la maniere dont les mêmes faits ont été expliqués par d'autres Savans, combien la Théorie de M. Æpinus a répandu de jour ſur cet objet, l'un des plus curieux & des plus intéreſſans, qui ait occupé les Phyſiciens électriſans.

41. Concevons un corps A (*fig.* 7) électriſé poſitivement, & voiſin d'un autre corps B, qui ſoit dans l'état naturel, & dans lequel la matiere électrique puiſſe ſe mouvoir facilement. D'après ce qui a été dit (6), le fluide de A repouſſe celui de B avec l'excès de ſa force, en ſorte que les parties voiſines de CD ſont refoulées vers EF; & après un inſtant, le corps B ſe trouve électriſé en moins par ſa partie antérieure CG, &

en plus, par sa partie postérieure GE.

On juge aisément que la répartition du fluide doit se faire inégalement dans toute la masse du corps B, en sorte que si l'on conçoit le fluide, comme divisé en un grand nombre de tranches verticales depuis CD, jusqu'en EF, le fluide, renfermé dans l'une quelconque de ces tranches, sera en général plus rare, dans un certain rapport, que celui de la tranche ultérieure, & plus dense que celui de la tranche située en-deçà, sur laquelle le fluide de A agit plus fortement, à raison d'une moindre distance.

Or, que lque soit le rapport suivant lequel varient les densités des différentes tranches, si l'on suppose le corps CE divisé en deux parties quelconques CGHD, GEFH, la quantité de fluide naturelle, perdue par la partie CGHD, sera toujours égale à la quantité acquise par l'autre partie GEFH. Maintenant on conçoit que la ligne de division GH, peut être placée à telle distance, que l'action du corps A sur le corps B, soit la même que si ce corps étoit composé de deux parties déterminées CG, GE, dans chacune desquelles le fluide seroit uniformément répandu. Substituons par la pensée ce second corps au premier, & concevons, pour plus de simplicité, que l'action de A soit telle qu'elle exige que la ligne GH soit placée au milieu de la

distance entre les extrêmités C, E. Il est clair d'abord (16), que la partie GE, se trouvant à une plus grande distance du corps A, que la partie CG, celle-ci sera plus attirée que l'autre ne sera repoussée, d'où il suit, que, comme les deux parties ne peuvent se quitter, le corps entier B sera attiré, & aura un mouvement progressif vers le corps A.

42. A mesure que le corps B s'approchera de A, l'effet de la force attractive de celui-ci augmentera; en sorte que le mouvement du corps B s'accélérera continuellement. Pour le concevoir, soit une ligne *ac* (*fig.* 8), divisée en un certain nombre de parties égales *ab'*, *b'c'*, *c'e*, &c. supposons que le centre du corps A (*fig.* 7), soit en *a* (*fig.* 8), & que dans le corps B, le centre de la partie CG soit en *b*, & le centre de la partie GE en *c*. (J'emploie ici, pour plus grande facilité, les centres, comme termes de comparaison.) La distance du centre de A, à chacun des deux autres centres, sera donc successivement comme *ab* est à *ac*, c'est-à-dire, comme 4 est à 5 : l'attraction sera à la répulsion, toutes choses égales d'ailleurs (39), comme 25 est à 16. Concevons maintenant que CE se soit rapproché de A, de maniere que les centres de ses deux parties se trouvent en *b'* & en *c'*, les distances des centres seront alors comme

comme ab' eſt à ac', c'eſt-à-dire, comme 1 eſt à 2. L'attraction ſera à la répulſion, toutes choſes égales d'ailleurs, comme 4 eſt à 1. Or, dans le premier cas, elle étoit à la répulſion, comme 25 eſt à 16; mais il eſt aiſé de juger, d'après la ſeule inſpection des rapports que nous venons de conſidérer, qu'à meſure que le corps B ſe rapproche de A, la diſtance de ſa partie CG à ce même corps A, ſe trouvant relativement plus diminuée que celle de ſa partie GE, l'attraction de A ſur CG l'emporte elle-même d'autant plus ſur la répulſion par rapport à GE; donc la viteſſe de CE s'accroît, en même-temps que la diſtance diminue entre les deux corps.

D'ailleurs, pendant le mouvement progreſſif de B vers A, le fluide de B ſe trouve refoulé avec une nouvelle force vers l'extrêmité EF, à raiſon d'une moindre diſtance entre les deux corps, ce qui augmente encore l'attraction de A, &, par une ſuite néceſſaire, la viteſſe de B.

43. Au moment où les deux corps ſe toucheront, le fluide de A n'étant plus retenu par l'air environnant, à l'endroit du contact, paſſera en partie dans le corps CE; en ſorte que tout le fluide renfermé dans les deux corps, tendra à s'y répandre uniformément, comme

s'ils n'en faisoient plus qu'un ; & puisqu'il y avoit excès de fluide dans le corps A, il est clair que les deux corps se trouveront électrisés positivement, de maniere qu'ils se repousseront (23), & que le corps CE s'écartera aussi-tôt du corps A.

44. Il est facile, d'après ces principes, d'expliquer les effets du carillon électrique ; soit E (*fig.* 9), le timbre, qui communique avec le conducteur par le moyen d'une chaîne LA ; G, l'autre timbre suspendu à un fil de soie NB, & par conséquent isolé à l'égard du conducteur, en même-temps qu'il communique avec des corps voisins an-électriques, par l'intermede d'une chaîne H. Soit D le battant suspendu à un fil de soie entre les deux timbres. Au moment où l'on charge le conducteur, le fluide électrique qui passe par le point de suspension C de la verge AB, se répand par excès dans le timbre E, qui se trouve électrisé positivement. A l'instant le battant D, attiré par le timbre E (42), va le frapper, & aussi-tôt est repoussé, pour la raison que nous avons dite plus haut (43). Il tendra donc, en vertu de cette répulsion, à s'approcher du timbre G : il y est de plus sollicité, à raison de son électricité positive (41). Enfin, le mouvement oscillatoire seconde encore cet effet ; mais aussi-tôt que le battant D aura touché le timbre G, il lui communiquera

ſon fluide, qui ſe perdra à travers la chaîne H; & alors le battant D, qui, en vertu du ſeul mouvement d'oſcillation, ſe ſeroit rapproché du timbre E, ſe trouvera encore attiré vers ce timbre, par l'action du fluide électrique; en ſorte que les mêmes cauſes recommençant à agir, comme la premiere fois, le battant ira frapper alternativement les deux timbres, tant que le timbre E conſervera ſon électricité poſitive.

45. Lorſque l'on approche des corps légers, tels que de petites feuilles de métal battu, d'un corps électriſé poſitivement, il arrive aſſez ſouvent que les unes ſont d'abord repouſſées, tandis que les autres ſont attirées, pour éprouver enſuite une répulſion au point de contact. Cette diverſité d'effets que l'on a tant fait valoir en faveur du ſyſtême des affluences & effluences, inventé par M. l'Abbé Nollet, s'explique très-bien dans les principes de la Théorie de M. Æpinus. Car lorſque l'électricité eſt un peu forte, il y a toujours quelques jets de fluide électrique, qui s'échappent à travers l'air environnant, & qui électriſent poſitivement quelques-uns des corps légers voiſins, ſur-tout ceux qui ſont terminés en pointe, & que l'on ſait être très-propres par leur figure, à ſoutirer la matiere électrique. Ces corps doivent donc être repouſſés (23), avant d'avoir pu ſe porter vers le corps prin-

cipal, tandis que celui-ci attire les autres corps légers, qui n'ont conservé que leur quantité naturelle d'électricité.

46. Si le corps A (*fig.* 7), étoit électrisé négativement, les choses se passeroient encore de la même maniere. Alors une portion du fluide naturel, contenu dans le corps B, seroit déterminée à passer de la partie GE dans la partie CG, & en employant ici un raisonnement semblable à celui que nous avons fait (41.), on concevra que le corps CE doit être pareillement attiré vers le corps A, pour être ensuite repoussé au moment du contact.

47. On peut déduire delà une explication simple de l'électrophore. Soit HN (*fig.* 10), la plaque de matiere résineuse, GD la plaque de métal, que l'on applique sur la premiere, après que celle-ci a été électrisée en moins, par le frottement, & AC le cylindre de matiere idio-électrique, qui sert à enlever la plaque GD. Si l'on se contentoit de poser la plaque GD sur GN, sans appliquer le doigt sur le métal, le fluide naturel, renfermé dans GD, passeroit en partie des tranches supérieures de ce corps, dans les inférieures, qui sont voisines de la plaque résineuse. Mais cette plaque n'étant pas de nature à offrir un accès facile à l'Électricité, il n'y auroit qu'une très-petite portion du fluide con-

tenu par excès dans les tranches inférieures du métal, qui pénétreroit la résine, en sorte que quand on auroit enlevé le disque métallique, le fluide qui y seroit renfermé, s'y distribuant uniformément, l'état du disque ne différeroit pas sensiblement de l'état naturel. Concevons maintenant que l'on applique le doigt sur le métal, tandis que celui-ci est en contact avec la résine. L'appareil entier peut être considéré comme un seul corps AD (*fig.* 5), qui auroit ses trois parties AB, BC, CD, dans différens états. Supposons que CD représente la résine, BC la partie positive du disque & AB sa partie négative. Il est clair que l'attraction de AB agissant en sens contraire de celle de DC sur le fluide de BC, le point où une molécule *f* de fluide seroit en équilibre, si la partie AB n'existoit pas, est situé en-deçà du point *f*, vers la partie CD; d'où l'on conclurra, par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait (30), que dans tous les points situés de *f* en *b*, & au-delà, l'attraction de CD l'emporte sur la répulsion de BC. On voit par-là que la molécule *b* doit être sollicitée en même-temps par cette attraction, & par celle de la partie AB, qui est dans l'état négatif, à pénétrer dans cette même partie. Or, le doigt appliqué sur le disque métallique GD, étant du genre des corps où le fluide se meut librement,

on conçoit qu'une partie du fluide qui y eſt renfermé doit paſſer dans le diſque qui acquerra ainſi une électricité poſitive très-ſenſible ; en ſorte que ſi on l'enleve de deſſus la réſine, il donnera de fortes étincelles, comme cela arrive toujours, lorſque le temps eſt favorable à l'électricité.

Nous devons obſerver ici, que c'eſt M. Æpinus qui, le premier, a employé un appareil conſtruit ſur le même plan que l'Electrophore. Ce Savant fit faire une coupe de métal, qu'il iſola par le moyen d'un ſupport de verre ; il remplit enſuite cette coupe de ſoufre fondu, qui, par le réfroidiſſement, dut ſe trouver électriſé, comme nous le dirons dans la ſuite. A l'aide d'un manche adapté au ſoufre, M. Æpinus étoit le maître de le ſéparer d'avec la coupe de métal, ou de les tenir l'un & l'autre en contact immédiat. Il employoit ces deux corps pour produire des réſultats ſemblables à ceux que donnent les deux lames de verre décrites ci-deſſus (33). On voit, par cet expoſé, combien il reſtoit peu à faire, pour arriver de cet appareil à l'électrophore. (Voyez le *Tentamen Theoriæ Electricitatis & Magnetiſmi*, &c. pag. *66*)

48. On connoît un électrometre très-ſenſible, dont l'invention eſt due à M. Cavallo, célebre Phyſicien, & qui conſiſte en deux balles de

moële de ſureau *c*, *d* (*fig.* 11), ſuſpendues par le moyen de deux cheveux à une boule de cuivre A, qui eſt fixée à l'ouverture d'une eſpece de flacon de verre ABG. Si l'on électriſe par frottement un bâton de cire d'Eſpagne, & qu'on l'approche enſuite de la boule A, on verra les deux balles *c*, *d*, s'écarter l'une de l'autre. La raiſon de cet effet eſt, qu'une portion du fluide électrique renfermé dans l'enſemble des corps A, *c*, *d*, étant attirée par la Cire qui eſt dans l'état négatif, vers la partie ſupérieure de la boule A, les deux petites balles ſe trouvent électriſées elles-mêmes négativement, & doivent ſe repouſſer (25). Si l'on retire le bâton de Cire, les deux balles ſe rapprocheront, parce que l'appareil, dans lequel le fluide ſe répandra auſſi-tôt uniformément, retournera vers l'état naturel (17).

Suppoſons maintenant, qu'en même-temps que l'on préſente la Cire à une petite diſtance de la boule A, on poſe le doigt ſur cette même boule; alors, par une cauſe ſemblable à celle que nous avons indiquée, en parlant de l'électrophore (47), une partie de la matiere électrique renfermée dans le doigt coulera dans l'appareil A*cd*, qui ſe trouvera électriſé en plus. Si l'on retire d'abord le doigt, & enſuite le bâton de Cire, on verra les deux balles *c*, *d*, s'écarter l'une de l'autre,

comme cela arrive à deux corps électrisés positivement (23). Chaque fois que l'on approchera de nouveau le bâton de Cire d'Espagne de la boule A, une partie du fluide des deux balles étant déterminée à passer dans le corps A, les balles se rapprocheront. Mais cette expérience exige des précautions. Car si pendant le mouvement de la Cire vers la boule A, les deux petites balles parviennent au point de contact, & que l'on continue de l'approcher, son attraction pourra être si forte, que les balles perdent même une portion de leur fluide naturel, & alors elles s'écarteront. La Cire dans ce cas paroîtra faire la fonction d'un corps électrisé positivement, & il en résultera une sorte de contradiction dans les effets, qui cependant se concilient parfaitement, comme on le voit, à l'aide des principes de la Théorie.

49. Nous croyons devoir remarquer ici que cette Théorie est la seule qui fournisse une explication satisfaisante de la répulsion qui a lieu entre deux corps électrisés négativement. Les uns ont prétendu que ces corps s'éloignoient l'un de l'autre, parce qu'ils étoient attirés par le fluide plus dense renfermé, ou dans l'air environnant, ou dans d'autres corps voisins. Mais comme les deux corps sont environnés d'air de toutes parts,

& qu'il peut aussi se trouver des corps voisins tout autour d'eux, & cela dans différentes positions & à des distances différentes, on ne voit pas comment le fluide plus dense de l'air, ou des corps environnans, attireroit toujours les corps électrisés en moins, suivant des directions diamétralement opposées. D'autres ont dit que les deux corps dans l'état négatif attirant nécessairement une partie du fluide des corps environnans, & ce fluide ne pouvant s'y introduire qu'avec peine, à cause de la résistance qu'il trouvoit de la part de l'air que l'on supposoit condensé à la surface des corps électrisés, il formoit une atmosphere électrique autour de chacun de ces corps, & que c'étoit en vertu de cette atmosphere que les deux corps se repoussoient mutuellement. On voit que cette explication porte sur une condensation de l'air, que l'on suppose gratuitement sans la prouver.

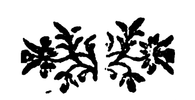
50. On peut juger néanmoins, par tout ce qui a été dit, que les attractions & répulsions dépendent en grande partie de la résistance de l'air, qui maintient les corps électrisés dans leur état positif ou négatif, & retarde leur retour à l'état naturel (8). Aussi, ces effets n'ont-ils presque plus lieu sous un récipient purgé d'air, & on peut présumer que s'il étoit possible de

ſe procurer un vuide parfait, on n'y obſerveroit plus ni attractions, ni répulſions, entre les corps an-électriques.

51. Nous ajouterons ici un mot au ſujet des atmoſpheres électriques, admiſes par la plus grande partie des Phyſiciens. Dans la théorie de M. Æpinus, l'électricité a une ſphere d'activité, qui s'étend autour des corps à une certaine diſtance. Mais ces corps n'ont point proprement d'atmoſphere formée par un fluide électrique ambiant, à moins qu'on n'entende par ce mot le fluide aërien, qui entoure ces corps, & qui eſt toujours électriſé juſqu'à un certain point, ſoit poſitivement, ſoit négativement. Mais cet air n'influe pas ſenſiblement dans les phénomenes électriques, en ſorte que ſi, par le moyen d'un ſouflet, on parvenoit à le renouveller ſans ceſſe, les phénomenes ne laiſſeroient pas d'avoir lieu, comme dans un air tranquille.

On objectera que quand on préſente le dos de la main à une petite diſtance d'un corps électriſé, on reſſent une eſpece de chatouillement ſemblable à celui que produiroient les fils d'une toile d'araignée; ce qui paroît ſuppoſer l'exiſtence d'une véritable atmoſphere électrique. On répond que cette ſenſation eſt occaſionnée non par le contact d'une atmoſphere, mais par le

mouvement qu'imprime au fluide naturel répandu ſur la ſurface de la main, l'action du fluide contenu dans le corps électriſé. Car ſi la ſenſation, dont il s'agit, provenoit d'une atmoſphere; un homme qui, placé ſur un ſupport à iſoler, communiqueroit avec un conducteur électriſé, devroit reſſentir une légere impreſſion, lorſqu'il préſente le dos de la main au conducteur. Cependant l'expérience montre que l'on n'éprouve alors aucune ſenſation particuliere, ce qui vient de ce que le fluide étant en équilibre dans le corps de l'Obſervateur & dans le conducteur de la machine, ſes différentes parties n'ont aucune action l'une ſur l'autre. Quant à l'odeur que le fluide électrique répand dans certaines circonſtances, comme cette odeur ne ſe fait jamais ſentir que quand le fluide ſort réellement d'un corps électriſé, par quelque partie anguleuſe; il eſt clair qu'elle dépend de la tranſmiſſion du fluide d'un corps dans un autre, & non pas d'une atmoſphere, qui circuleroit autour du premier de ces corps.



V. Des changemens que l'action des causes extérieures peut apporter dans les attractions & répulsions électriques.

52. Nous avons supposé jusqu'ici que les corps qui se repoussoient mutuellement, restoient abondonnés à eux-mêmes & à l'action du fluide électrique, qu'ils renfermoient, au moment où ils ont commencé à exercer leur force l'un sur l'autre, sans qu'aucune cause extérieure intervint, soit pour changer leurs distances respectives, soit pour augmenter ou diminuer la quantité de leur fluide électrique. Et en effet, tant que cette condition aura lieu, les choses se passeront, comme nous l'avons exposé, c'est-à-dire, qu'il arrivera toujours que deux corps, dont les électricités seront homogenes, se repousseront mutuellement.

Mais si, dans le moment auquel ces deux corps se repoussent, on suppose qu'une cause extérieure agisse sur tous les deux, ou seulement sur l'un des deux, pour le rapprocher de l'autre; ou bien, ce qui revient au même, si l'on conçoit que, dans le même tems, l'un des deux corps soit électrisé de nouveau, de maniere qu'il

reçoive un surcroît de fluide électrique, ou perde une partie de celui qu'il renfermoit, les changemens d'état qui en résulteront, par rapport aux corps dont il s'agit, pourront donner lieu à des phénomenes singuliers, qui, au premier coup-d'œil, paroîtront contraires à l'analogie des opérations de la nature; mais dont l'explication suit naturellement des principes établis par M. Æpinus, & imprime, en quelque sorte, à sa théorie un nouveau caractere de certitude.

Quant aux phénomenes produits par deux corps électrisés originairement, l'un en plus & l'autre en moins, nous verrons plus bas qu'ils ne sont susceptibles d'aucune variation, c'est-à dire, que ces corps s'attireront mutuellement à toutes les distances.

53. Concevons d'abord deux corps C, G, (*fig.* 4.) électrisés positivement, & supposons que tandis qu'ils s'écartent l'un de l'autre, une cause extérieure agisse pour rapprocher le corps G du corps C. La force répulsive du fluide de C refoulera une portion du fluide contenu dans FG, & la fera passer dans l'autre partie GH. Pareillement la force répulsive du fluide de G, agira sur le fluide de C, pour faire passer une portion de ce fluide, de la partie BC, dans la partie CD.

Or, il pourra arriver qu'il y ait un point

où la partie CB, par exemple, ait perdu une telle quantité de son fluide, en passant à l'état négatif, que l'effet de la force attractive de cette partie sur le corps G, compense exactement l'effet de la force répulsive de la partie CD. Alors les deux corps resteront immobiles, & si la même cause extérieure continue de pousser G vers C, les deux corps s'attireront réciproquement.

Si, au lieu d'approcher G de C, on augmente son électricité, comme on en est bien le maître, puisque cette augmentation est encore plus favorable à l'hypothese présente, qui exige que la totalité du fluide de chacun des deux corps soit au-dessus de sa quantité naturelle; le refoulement du fluide, augmentant à proportion dans le corps C, le même effet aura lieu, & il pourra arriver que les deux corps ou restent immobiles, ou s'attirent, dans le cas d'une plus forte électricité de la part du corps G.

Ces phénomenes paroissent d'abord offrir des especes de paradoxes, en ce qu'on y voit la force répulsive des deux corps, qui sembleroit devoir s'accroître à mesure que la distance diminue entre ces corps, devenir d'abord nulle, & ensuite se changer en une force opposée, qui produit des attractions. Mais on voit en même tems combien ces phénomenes s'accordent heu-

reusement avec les principes de la théorie, & avec les loix auxquelles sont soumises les opérations de la nature.

M. Æpinus indique un moyen simple, pour mettre ce cas en expérience. Suspendez à un fil de soie une petite balle de liége, & placez auprès de cette balle, un cylindre de métal isolé; en sorte que le fil de soie étant dans une direction verticale, la balle touche presque le cylindre de métal. Attachez ensuite à cette balle un second fil de soie, que vous ferez passer dans un crochet, de maniere que vous puissiez rapprocher à volonté la balle, du cylindre de métal, lorsqu'elle s'en sera écartée. Enfin, faites communiquer ce cylindre avec un long fil de fer pareillement isolé. Les choses étant dans cet état, électrisez par frottement un tube de verre. Touchez ensuite successivement, avec ce tube, la balle de liége, & le fil de fer dont on a parlé; bientôt la balle repoussée par le conducteur s'en écartera. Tirez alors le second fil de soie, pour la ramener vers ce conducteur, &, lorsqu'elle n'en sera plus éloignée que de trois ou quatre lignes, vous verrez la répulsion se changer tout-à-coup en attraction, & le fil de suspension se porter de lui-même vers le conducteur.

On peut varier cette expérience de la maniere

suivante. Après avoir assujetti le fil de soie qui sert à tirer la balle de liége, en lui faisant faire plusieurs révolutions autour du crochet; en sorte que la balle ne puisse s'écarter du cylindre de métal, que d'environ deux lignes, électrisez l'appareil, mais d'abord foiblement. La balle sera repoussée par le conducteur, & s'en écartera autant que le permettra le fil qui est fixé au crochet. Communiquez alors au conducteur une électricité beaucoup plus forte, & à l'instant l'attraction succédera à la répulsion, comme dans le premier cas.

54. Si les deux corps G & C étoient d'abord électrisés négativement, les résultats seront semblables, quoique produits par des causes contraires. Alors, tandis qu'on approchera les deux corps l'un de l'autre, une partie du fluide de C sera attirée de DC en CB, & une partie de celui de G passera de GH en FG. Or, à mesure que les deux corps deviendront plus voisins, les parties FG, BC, continuant d'acquérir de nouveau fluide, il pourra arriver, qu'à une certaine distance, l'excès du fluide de CB, par exemple, sur celui de DC soit tel, que l'effet de la répulsion de DC, sur le corps G, soit balancé par l'attraction de BC, & alors les deux corps resteront immobiles. Si l'on continue d'approcher

d'approcher G de C, il y aura attraction entre les deux corps.

La même attraction agira encore, si, au lieu de faire mouvoir G vers C, on diminue le fluide de la partie FG, auquel cas l'attraction de cette partie faisant passer de nouveau fluide de CD en BC; il en résultera un surcroit de force attractive entre les deux corps. Rien ne gêne, par rapport à la diminution du fluide de FG, puisque la quantité totale du fluide de G, différera encore plus de la quantité naturelle, que dans le premier instant.

55. Il ne nous reste plus qu'à rechercher ce qui doit arriver, lorsque l'un de deux corps, tel que C, est dans l'état positif, & l'autre corps G dans l'état négatif; nous avons vu (25), qu'alors les deux corps s'attiroient mutuellement & s'approchoient l'un de l'autre. Il s'agit de savoir maintenant, si, dans la supposition où tandis que ces corps s'approcheroient, leur état vint à éprouver des changemens, il seroit possible, qu'à une certaine distance, ils restassent immobiles, ou commençassent à se repousser.

Observons d'abord qu'en vertu de la force répulsive du fluide de C, une portion de celui qui est contenu dans FG, passera dans GH. D'un autre côté, l'attraction de G forcera une

portion du fluide de DC de paſſer dans BC. Donc, quel que ſoit l'état des deux corps, la partie BC du corps C ſera toujours électriſée en plus, & la partie FG du corps G toujours électriſée en moins. Cela poſé, il peut y avoir quatre cas différens.

Le premier eſt celui où les deux parties du corps C ſeroient dans l'état poſitif, & les deux parties du corps G dans l'état négatif. Dans ce cas, il eſt évident que le premier corps étant tout entier poſitif, & le ſecond tout entier négatif, les deux corps s'attireront (25), à quelqu'endroit de leur Sphere d'activité qu'on les ſuppoſe placés.

56. Le ſecond cas eſt celui où les deux parties du corps C étant toujours dans l'état poſitif, & la partie FG, du corps G, dans l'état négatif, l'autre partie GH, du même corps, ſeroit dans l'état poſitif. Remarquons que ſi le corps G eût été d'abord dans l'état naturel, & qu'une partie de ſon fluide eût paſſé de FG dans GH, ce corps eût agi comme un corps électriſé en moins, ſur le corps C, placé à une diſtance quelconque; car, dans ce cas, la force répulſive de GH, qui auroit été capable par elle-même de faire équilibre à la force attractive de FG, (16), eût agi plus foiblement ſur le corps C, à raiſon d'une plus grande diſtance. A plus forte raiſon, la force attractive de FG l'emportera

t-elle dans l'hypothese présente, où cette même partie est encore plus évacuée de fluide que dans le cas cité, puisqu'on suppose que la totalité du fluide de G est moindre que la quantité naturelle. Donc, à quelque distance que se trouvent les deux corps, G agissant comme s'il étoit électrisé négativement, & C étant tout entier positif, il y aura attraction entre les deux corps (24).

57. Passons au troisieme cas, dans lequel DC seroit électrisé en moins, BC électrisé en plus, & les deux parties FG, GH, du corps G, électrisées en moins. Par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait pour le second cas (56), il sera facile de concevoir que C agira à toutes les distances, comme s'il étoit dans l'état positif; donc, le corps G étant dans l'etat négatif, les deux corps s'attireront réciproquement dans tous les points de leur sphere d'activité.

58. Reste le quatrieme cas, qui est celui où CD, FG seroient dans l'état négatif, & BC, GH dans l'état positif. Or dans ce cas, comme dans le précédent, les deux corps s'attireront à quelque distance qu'on les suppose l'un de l'autre (*a*).

(*a*) Je suis obligé de m'écarter ici du sentiment de M. Æpinus. Ce savant pense que la question relative

Pour le démontrer, remarquons d'abord que le corps C eſt dans le cas d'un corps électriſé poſitivement, à l'égard d'un autre corps G placé à la droite de l'extrêmité B; ſuppoſons maintenant que le corps G, conſidéré dans ſa totalité, n'ait que ſa quantité naturelle d'électricité. Dans ce cas, ſi l'on imagine, pour un inſtant, que les deux parties FG, GH, ſe pénétrent, de maniere que leurs actions ſur le corps G s'exercent à la même diſtance de ce corps, ces actions étant égales & contraires (16), leur ſomme ſera zéro.

59. Les choſes étant toujours dans cet état,

---

au cas préſent qui eſt celui du n°. 138 de ſa théorie, p. 139, ne peut être réſolue, qu'autant qu'on connoîtroit la loi ſuivant laquelle agit le fluide électrique, à raiſon des diſtances; & il eſſaye de le prouver par la conſidération de la formule générale, qui repréſente les actions que les deux corps exercent l'un ſur l'autre. Cette formule renferme quatre quantités, dont les trois premieres ſont toujours poſitives; reſte à ſavoir, ſelon M. Æpinus, ſi la quatrieme quantité ne peut pas devenir négative, ce qui exige que l'on connoiſſe la loi que ſuit l'action du fluide, eu égard à la diſtance. 1°. Ce raiſonnement n'eſt pas exact, puiſqu'il faudroit, pour que la formule exprimât une force répulſive, qu'elle devînt négative; or il ne ſuffit pas pour cela que la quatrieme quantité ſoit ſimplement négative; il faut encore qu'elle ſurpaſſe la ſomme

concevons maintenant que la relation des quantités de fluide des deux parties FG, GH, se trouve ramenée à l'hypothese présente, qui exige que le corps G, considéré dans sa totalité, ait moins que sa quantité naturelle de fluide. Dans ce cas, il faut concevoir une nouvelle portion de ce fluide, soustraite de la partie FG, & qui n'ait point passé dans la partie GH. Or, en vertu de cette diminution, la force attractive de FG, sur le corps C, se trouvera augmentée; donc elle prévaudra sur la répulsion de la partie GH, & les deux corps se porteront l'un vers l'autre. A plus forte raison, le même effet continuera-t-il d'avoir lieu, si la partie GH, dont la force est ré-

des trois autres quantités qui sont positives. Mais 2°. j'ai trouvé, à l'aide d'un calcul simple, qu'il y avoit nécessairement attraction entre les deux corps, tant que la partie GH du corps G, étoit à une plus grande distance du corps C, que la partie FG, ce qui a toujours lieu. La même chose se trouve prouvée, ce me semble, d'une maniere claire & à l'abri de toute équivoque par le raisonnement que j'ai employé. Ce qui paroît avoir trompé M. Æpinus, c'est que sa formule, dans l'état où il la présente, laisse effectivement la question indéterminée, & n'exprime point les conditions du problême de maniere à fournir une solution directe; ensorte qu'il est nécessaire d'y en substituer une autre, pour parvenir à cette solution.

Pour le dér... le corps C est ... omme le représente la ... positivement ... plus grande distance du ... à la droite ... qui exerce une force ... nant que ... même raisonnement a ... n'ait que ... les points de la sphere ... ce cas, ... ; il faut en conclure ... les de... eux, dans toute l'éten... nier... à l... ét... s...

... pouvoir des pointes.

... que les corps terminés en pointes ... plus puissamment la matiere ... les corps mousses ou arrondis. Le ... échappe aussi beaucoup plus facile-... qui ont des angles ou des ... que de ceux qui sont courbes. On ... ces phénomenes, en supposant ... résistoit moins au passage ... électrique, à l'endroit des pointes, ... endroit d'un corps. Mais on peut ... théorie de M. Æpinus, une autre ... beaucoup plus satisfaisante des mêmes ...

... une pointe *bc* (fig. 13), d'un ... placée à une petite distance du

s A électrisé en plus. Nous avons vu (41) que, dans ce cas, une partie du fluide contenu dans la pointe, seroit refoulée de *b* vers *c*, d'où il suit qu'il y aura défaut de fluide dans la partie antérieure de la pointe, & excès dans la partie postérieure, située vers *c*. Concevons une seconde pointe *de* placée à côté de la premiere. Les molécules du fluide de *de*, situées dans le voisinage de la partie antérieure de la pointe *bc*, qui est électrisée en moins, seront attirées par cette pointe (16). D'ailleurs elles seront repoussées vers l'extrêmité *e*, par le corps A. Mais l'attraction balançant en partie l'effet de cette répulsion, les molécules seront moins refoulées vers *e*, que si la pointe *bc* n'existoit pas. Or, la pointe *de* faisant la même fonction, par rapport à la pointe *bc*, que celle-ci à l'égard de la premiere ; les molécules de *bc* seront aussi moins refoulées vers l'extrêmité *c*, que dans le cas où la pointe *bc* eût existé seule. Si donc l'on imagine une multitude de pointes semblables, rangées les unes à côté des autres, il est clair que leurs actions mutuelles s'opposant en partie à la force répulsive du corps A, le nombre des molécules refoulées vers les parties postérieures de cet assemblage de pointes, en sera sensiblement diminué.

62. Remarquons maintenant qu'en vertu du

antérieures de l'af-
assemblage exerce
fluide des corps envi-
er sur celui du corps
force est d'autant plus
antérieures des pointes
plus considérable de leur
donc nous supposons qu'une
les autres, comme on le
, cette pointe se trouvant
égard des pointes voisines, il
conclure, du raisonnement que
plus haut, que l'attraction de
pointe, par rapport au fluide de A,
maniere que le fluide de A soit
coup plus efficacement que si cette
trouvoit de niveau avec les pre-

corps quelconque pouvant être con-
comme un faisceau de petites aiguilles
parallelement les unes aux autres, on
ce qui précéde, que si ce corps forme
dans quelqu'une de ses parties, ces
attireront plus puissamment la matiere
que dans le cas où ce même corps se-
de toutes parts.

On trouvera également qu'un corps ter-
pointe & electrisé positivement, doit

lance le fluide en plus grande quantité que si ce corps ne formoit aucune saillie. Car alors, à cause de la résistance de l'air, il se fait toujours au point *b* (fig. 13) une condensation du fluide renfermé dans la pointe *bc*, & qui tend à en sortir en vertu de la répulsion mutuelle de ses molécules. Cette portion de fluide condensé exercera donc une force répulsive oblique sur le fluide situé vers *e*, dans la pointe voisine ; & comme une partie de cette force agit en sens contraire de celui suivant lequel les molécules tendent à s'échapper, elle s'opposera, jusqu'à un certain point, à la sortie du fluide. Le même raisonnement s'applique à chacune des pointes relativement à celles qui l'environnent ; d'où il suit que si une pointe est comme isolée à l'égard des autres, le fluide en sortira plus librement & plus abondamment.

64. Plus la pointe *g* sera déliée, plus elle aura de vertu pour soutirer le fluide électrique ; & cet effet est si sensible, qu'une pointe bien aiguisée, présentée à un pied de distance, d'un conducteur fortement chargé, ou même à une distance plus considérable, suffit pour rendre presque nuls les effets de l'électricité de ce conducteur ; tandis que la présence d'un corps rond,

placé à la même distance, les laisse subsister sans aucune altération sensible.

Pour mieux concevoir la raison de cette grande différence, supposons que *bhnk* (fig. 15) soit le corps rond dont il s'agit, & que AB soit l'extrêmité du conducteur. Toutes les pointes situées sur l'arc *hbk* soutireront l'électricité de AB, en même tems qu'elles agiront les unes sur les autres pour empêcher une partie de leur électricité propre d'être refoulée vers l'arc opposé *rns*. Supprimons maintenant les portions *hbo*, *kbg*, pour ne laisser subsister que la pointe *obg*; d'une part, toutes les pointes situées le long de la corde *hk*, continueront de soutirer le fluide de AB, & la différence de leurs distances au corps AB, comparée à celle des pointes qui étoient situées sur l'arc *hbk*, occasionnera, à la vérité, une certaine diminution dans la force avec laquelle le fluide de AB est soutiré. Mais cette diminution sera compensée bien au-delà, par la situation de la pointe *obg*; celle-ci se trouvant alors soustraite aux forces attractives des aiguilles renfermées dans les portions *hbo*, *gbk*, qui toutes contribuoient à maintenir dans cette pointe une partie de son fluide naturel; d'où il suit que cette pointe se trouvant beaucoup plus évacuée que dans le cas

où elle étoit environnée par les autres pointes, sa force attractive se trouvera augmentée d'une maniere très-sensible (*a*).

VII. Des étincelles & aigrettes électriques.

65. Nous venons de voir (63) qu'un corps terminé en pointe, & électrisé positivement, lançoit avec beaucoup plus de force la matiere électrique, qu'un corps d'une figure ronde. Cette

(*a*) Tout le monde connoît la belle application que le célebre Francklin a faite du pouvoir des pointes à l'électricité des nuages par l'invention des paratonerres. La construction de ces appareils, qui se sont fort multipliés, depuis quelques années, demande un Artiste attentif & intelligent, & personne ne nous paroît mériter plus de confiance, relativement à cet objet important, que M. Billiaux, Ingénieur en instrumens de Physique. Cet Artiste, entre un grand nombre de paratonerres dont l'exécution a été confiée à ses soins, a placé ceux du Louvre, sous la direction de M. le Roy, de l'Académie des Sciences; & lorsque cet Académicien fut envoyé à Brest, par M. le Maréchal de Castries, pour en faire placer sur les édifices de ce port & sur les vaisseaux, il demanda M. Billiaux à ce Ministre, comme l'Artiste le plus en état d'en conduire l'exécution sous ses yeux; ce qui lui fut accordé.

force eſt telle, que, dans le cas d'une électricité ordinaire, elle ſurmonte, jusqu'à un certain point, la réſiſtance qu'oppoſe l'air environnant au paſſage de la matiere électrique; alors celle-ci ſort ſous la forme d'une eſpece de cône ou d'aigrette, dont les molécules, pouſſées les unes ſur les autres, ſe condenſent & choquent celles de l'air, qui réagiſſent contre elles. Ce choc produit deux effets, dont l'un eſt de faire entendre un léger bruiſſement, & l'autre d'exciter la lumiere, en ſorte que l'aigrette devient brillante dans l'obſcurité.

66. Si l'on préſente, à une certaine diſtance de la pointe, le plat de la main, ou quelqu'autre corps ſitué parallélement à la baſe de l'aigrette, celle-ci s'allonge & prend un nouvel éclat, parce que le corps, dont nous venons de parler, ſe trouvant lui-même électriſé négativement par ſa partie antérieure (41), exerce ſur l'aigrette une force attractive, qui détermine la ſortie d'un plus grand nombre de molécules électriques.

67. Suppoſons maintenant un corps métallique de forme globuleuſe ABC (fig. 16) électriſé en plus, & concevons qu'on approche de ce corps, par degrés, un ſecond corps rond *afc* dans l'état naturel & non iſolé; independamment de ce ſecond corps, le fluide renfermé

dans ABC, tend à s'échapper, en vertu de la force répulſive mutuelle de ſes molécules (6); mais il eſt maintenu, du moins en très-grande partie, par la réſiſtance de l'air environnant. A meſure que le corps *afc* s'approche du corps ABC, il attire à lui le fluide ſitué à la ſurface de ce corps, en ſorte que les molécules ſituées, par exemple, en *d* & en *g*, ſont ſollicitées vers *afc*, par les directions *df*, *gn*, qui, étant ſur les prolongemens des rayons *fo*, *no*, ſont les plus courtes diſtances des points *d*, *g*, à l'arc *anc*. Enfin, la diſtance entre les deux corps devenant toujours plus petite, il y a un point, où les molécules ſituées dans la direction *gn*, qui ſont les plus attirées de toutes, puiſque *gn* eſt la ligne la plus courte entre les deux arcs A*g*C, *afc*, ſurmontent entiérement la réſiſtance de l'air, en ſorte qu'elles s'échappent de *g* en *n*; là il ſe forme une eſpece de canal, par lequel l'excès de fluide renfermé dans le globe ABC, paſſe avec une ſorte d'exploſion, pour ſe porter vers le globe *afc*, qu'il pénétre; & cette exploſion eſt ſi rapide, qu'elle eſt accompagnée d'un bruit éclatant & d'une vive lumiere, que l'on déſigne par l'expreſſion d'*étincelle électrique*.

68. Si, à la place du corps gobuleux *afc*, on ſubſtitue une pointe *srt* (fig. 17), la force

attractive de cette pointe étant beaucoup plus considérable que celle d'un corps arrondi (62), & le fluide électrique contenu dans ABC, surmontant, dès le premier instant, la résistance de l'air, se portera rapidement des différens points de ce corps, vers le point *r*, par des jets continus, qui suivront des directions convergentes *dr*, *gr*, *&c.* de maniere que ses molécules ne formant que des filets épars, traverseront l'air, sans se condenser, excepté au point *r*, par lequel tous ces filets entrent à-la-fois. Alors, il n'y aura ni étincelle, ni aigrette allongée, mais seulement un point lumineux, ou une espece de petite étoile, que l'on appercevra en *r*, où se fait la condensation.

69. Supposons, au contraire, que le corps ABC soit électrisé négativement, alors la forme globuleuse de ce corps ne laissera à son attraction que l'activité nécessaire pour déterminer le fluide à sortir de la pointe, sous la forme d'une aigrette, ou d'un jet de lumiere. On peut observer les deux effets, qui viennent d'être exposés, en présentant une pointe de métal successivement vis-à-vis du crochet & de la garniture extérieure d'une bouteille de Leyde, chargée à l'ordinaire, & suspendue dans l'air à un cordon de soie; on verra paroître tout à tour, à cette pointe, une étoile & une aigrette, jusqu'à ce

que toutes les petites quantités de fluide, qui paſſent du crochet de la bouteille dans la pointe, ou qui vont de celle-ci à la ſurface extérieure de la bouteille, aient rétabli l'équilibre, de maniere que la bouteille ſe retrouve dans l'état naturel, comme nous l'expliquerons plus amplement par la ſuite.

M. Le Roy, de l'académie des ſciences, a fait une ſuite d'expériences très-intéreſſantes ſur les aigrettes & les points lumineux que l'on apperçoit aux extrêmités de différentes pointes, faiſant partie d'un appareil électrique. On peut conſulter ſur cet objet les mémoires de l'académie des ſciences, année 1753, édition *in*-12, page 671 & ſuivantes, où l'on verra le parti avantageux que ce ſavant Phyſicien a ſu tirer des phénomenes, dont il s'agit, pour diſtinguer les cas où l'électricité eſt poſitive, d'avec ceux où elle eſt négative.

70. M. Prieſtley a obſervé (hiſtoire de l'électricité, tome III, page 165 & ſuivantes) qu'il partoit toujours d'une pointe électriſée, ſoit en plus, ſoit en moins, un courant d'air, dont la direction étoit très-ſenſible, lorſqu'on approchoit de cette pointe la flamme d'une bougie; car celle-ci eſt toujours chaſſée plus ou moins loin de la pointe. Le ſavant chimiſte Anglois a donné lui-même l'explication de ce fait, ſui-

vant les principes de la théorie de M. Francklin; avec laquelle celle de M. Æpinus s'accorde parfaitement à cet égard. Car, comme la matiere électrique est lancée ou reçue par les pointes, avec beaucoup de facilité & en grande abondance, il arrive nécessairement que l'air voisin d'une pointe électrisée en plus, se charge lui-même d'une quantité de fluide électrique au-dessus de sa quantité naturelle, & que celui qui est auprès d'une pointe dans l'état négatif, passe lui-même à un semblable état, en perdant une portion de son fluide naturel. Les molécules de l'air doivent donc s'écarter de la pointe, dans quelqu'état que soit celle-ci (23, 27) & comme elles sont aussi-tôt remplacées par d'autres molécules, qui sont pareillement repoussées à leur tour, il en résulte un courant qui va de la pointe vers l'endroit opposé à cette pointe.

71. Si une personne placée sur un support à isoler, & mise en communication avec un conducteur électrisé en plus, étend sa main dans une position verticale, & qu'une personne non isolée présente un doigt vis-à-vis de cette main, à la distance de quelques pouces, il s'excite un courant, qui va du doigt de la seconde personne à la main de la premiere, & dont l'impression est très-sensible sur celle-ci; en même-temps on

apperçoit

apperçoit une aigrette, dont le sommet est contigu au doigt de la personne non-isolée.

M. l'Abbé Nollet, qui cite cette expérience, (Leçons de Physiq. expérim. T. VI, pag. 307 & 370), en concluoit qu'il sortoit du doigt non-isolé, un courant de fluide électrique, qui alloit vers la main électrisée, & il attribuoit à ce courant, l'impression semblable à celle d'un souffle, qui se fait sentir sur cette main. Il paroîtroit cependant, d'après les principes exposés plus haut, que le courant devroit se porter de la main électrisée au doigt isolé, avec cette différence, que ce seroit un courant d'air, & non de fluide électrique. Mais il est facile de ramener ce fait aux principes de la Théorie de M. Æpinus, dont il est une suite nécessaire.

Car, en premier lieu, la forme du doigt étant semblable à celle d'une pointe mousse, les filets de la matiere électrique, que ce doigt soutire de la main électrisée, en vertu de leur force attractive, doivent se replier vers l'extrémité du doigt; & comme ils n'y entrent pas aussi facilement que s'il étoit terminé en pointe aiguë, ils se condensent assez pour qu'il en résulte une aigrette dont le sommet est contigu à celui du doigt. De plus, le fluide électrique se trouvant plus resserré à mesure qu'il approche du doigt, devient plus abondant à proportion, dans un

F

portion d'air
d'électricité
qui occupe
électrisée. La
électriques,
énergie auprès du
d'où il résulte
porter de ce doigt
électrisée.

---

de Leyde.

(*fig.* 18), repré-
lame de verre, qui forme
de Leyde armée à l'or-
portion de la matiere
la surface intérieure,
du métal qui recouvre
soit une chaîne qui
conducteur de la machine
autre chaîne, qui tienne à
& non-isolés. Supposons
par quelques tours de plateau,
en tient lieu, un certain degré
dans le conducteur. Une
électrique passera à travers la
se rendre dans la lame *cogd*, qui
-même électrisée en plus; & si

on imagine que l'air environnant soit très-sec, & que la quantité de fluide additive ne soit pas suffisante pour vaincre sa résistance, cette quantité ne pouvant pénétrer d'ailleurs, qu'avec beaucoup de difficulté, le verre *absé* (*a*), restera toute entiere, ou presque toute entiere dans la lame *cogd*. Voyons maintenant ce qui doit arriver à la lame extérieure *isnk*. D'abord le fluide renfermé dans *cogd*, exerçant une force répulsive sur les molécules du fluide naturel de *isnk* (41), une partie de ce dernier fluide sera forcée de sortir de la lame *isnk*, & trouvant de la résistance de la part de l'air environnant, tandis que la chaîne *lm* lui offre un libre passage, elle s'échappera à travers cette chaîne, & se perdra dans les corps contigus. A mesure qu'il sortira du fluide de *isnk*, la force répulsive mutuelle des molécules qui y resteront, diminuera, & l'attraction de la matiere propre de *isnk* sur ces molécules s'accroîtra ; en sorte qu'il y aura un point où cette attraction balancera l'effet de la force répulsive du fluide de *cogd*, & à ce terme l'*effluvium* s'arrêtera, & il ne passera plus rien dans la chaîne *lm*. Les molécules situées le long de la ligne *ik*, (& il faut en

(*a*) On a tenté de supprimer le verre, pour y substituer une lame d'air qui a produit le même effet.

espace donné, d'où il s... entre cette
qui entoure le doigt, re... dans le cas
plus considérable, q... que les deux
un égal espace auprè... cette molécule,
force répulsive mutue... reste immobile,
doit donc avoir au... 11). La lame
doigt par lequel c... ici la partie AC
que le courant d'... partie AB.
vers la main de la... vu que, dans le cas
... E éprouvoit encore
... corps BC (*fig.* 2),
... représenté (*fig.* 18),
... conservent une
..., qui en obligeroit une
...e lame, sans la résistance

VIII.

72. Conce...
sente un segm...
le ventre d'...
dinaire, ... électriser le conducteur,
métallique... de se charger, & il
& *isnk* ... molécules de la lame *isnk*,
la surfa... soit encore rétabli. Cet
commu... les fois que l'on re-
électri... Mais enfin, la force
des ... molécules qui seront en-
core ... & qui augmente en
ou ... s'accumule dans cette
d'... considérable, qu'elle vaincra
p... l'air environnant, &,
c... continue d'électriser le
s...

conducteur, toute la portion de fluide qui excédera la quantité nécessaire pour balancer la résistance de l'air s'échappant continuellement de la lame *cogd*, cette lame ne pourra plus rien acquérir, tandis que la lame *isnk*, de son côté, cessera de perdre. C'est à cet instant que la bouteille se trouvera chargée jusqu'au point de saturation.

73. Comme le verre n'est pas absolument imperméable à la matiere électrique (2), on conçoit qu'une partie du fluide de *cogd* doit passer dans les couches voisines de *og*, en même-temps qu'une partie de celui qui est renfermé dans les couches voisines de *sn*, passe dans la lame *sikn*, pour aller se perdre par la chaîne *lm*.

74. Il est essentiel de remarquer, qu'en vertu de la proximité des deux lames métalliques *cogd*, *sikn*, la premiere de ces lames se trouve électrisée beaucoup plus fortement, qu'elle ne l'eût été, sans la présence de l'autre lame : car une partie du fluide renfermé par excès dans la lame *cogd*, étant retenue dans cette lame par la force attractive de *sikn* (7), le fluide s'y accumule encore bien au-delà du terme où il eût été en état de vaincre la résistance de l'air, si la lame *sikn* n'existoit pas ; ce qui s'accorde avec l'expérience. Il suit encore delà que la lame *cogd* doit conserver beaucoup plus long-temps son électricité positive, qu'elle ne le feroit dans le cas où la lame *sikn* se

trouveroit supprimée. Aussi, lorsqu'on électrise une bouteille qui n'a point d'armure extérieure, en se contentant d'appliquer la main au-dehors, cette bouteille se décharge-t-elle beaucoup plus promptement, quand on la laisse suspendue au milieu de l'air, que dans le cas où l'on auroit appliqué une lame de métal sur sa surface extérieure.

75. Concevons maintenant que l'on pose sur la surface *ik*, l'extrémité *z* d'un fer recourbé *zqr*, ou de tout autre corps semblable & an-électrique. Il n'arrivera rien de nouveau, en vertu de cette seule application; puisque le fluide situé le long de *ik*, étant dans l'état d'équilibre (72), il en résulte que la bouteille ne doit avoir aucune action sur le fluide renfermé dans le corps *zqr*. Mais si l'on applique ensuite l'autre extrémité *r* de ce corps sur la surface *cd*; comme le fluide renfermé dans *cogd*, éprouve encore une action répulsive, qui n'est détruite que par la résistance de l'air, une portion de ce fluide passera aussi-tôt dans le corps *rq*, où il trouve un libre accès. Mais la lame *cogd* ne peut pas perdre de son fluide sans que la répulsion qu'elle exerce sur le fluide de *sikn* ne diminue en même-temps, & par conséquent sans que la lame *sikn* n'attire elle-même de nouveau fluide; elle exercera donc son attraction sur le corps *zqr*, & ces deux actions simultanées, tant celle de la lame

cogd, pour se débarrasser de son excès de fluide, que celle de la lame *sikn*, pour reprendre celui qu'elle a perdu, feront que le retour du fluide, d'une lame à l'autre, s'opérera avec une extrême promptitude. C'est cette espece d'éruption vive & rapide, qui produit la forte étincelle que l'on voit jaillir entre la surface *cd* & l'extrêmité *r* de l'excitateur, lorsqu'on approche celle-ci de *cd*. Et si, au lieu d'employer un corps métallique, la personne qui fait l'expérience se met en contact d'un part avec la surface *ik*, & de l'autre, avec la surface *cd*, ou la chaîne *tx*, on conçoit que cette personne doit ressentir alors une violente secousse aux parties du corps qui se trouvent dans la direction du courant, comme l'éprouvent tous ceux qui font cette expérience.

76. On conclura aisément des principes de la Théorie que nous exposons ici, que les mêmes effets auroient lieu, dans le cas où la lame *cogd* seroit électrisée en moins, au lieu de l'être en plus. Alors la lame *sikn* s'électriseroit positivement, & le retour du fluide électrique se feroit avec la même rapidité que dans l'exemple précédent; mais en sens contraire, c'est-à-dire, en allant de *ik* vers *cd*.

77. Plus la bouteille sera mince, & plus, toutes choses égales d'ailleurs, elle s'électrisera fortement. Car, d'une part, la force répulsive du

fluide de *cogd*, par rapport à celui de *sikn*, agira avec plus d'énergie, à raison d'une moindre distance entre les deux lames. D'une autre part, la lame *sikn* se trouvant plus évacuée, son fluide repoussera d'autant moins celui de *cogd*, ou, si on l'aime mieux, sa matiere propre attirera d'autant plus le même fluide; d'où il suit que l'électricité positive d'une part, & l'électricité négative, de l'autre, seront plus considérables que dans le cas où le verre *abfe* auroit eu plus d'épaisseur.

78. Une bouteille suspendue à un conducteur au milieu d'un air très-sec, ne peut s'électriser que très-foiblement : car alors le fluide ne pouvant passer dans l'air environnant, si ce n'est en très-petite quantité, l'effet de la répulsion du fluide de *cogd* sur celui de *sikn*, se bornera à refouler une partie de ce dernier fluide vers *ik*, & à en faire passer quelques molécules dans l'air voisin. Mais ces effets étant très-limités, il n'en résultera qu'une foible électricité négative dans la partie de la lame *sikn* située vers *sn*; d'où il suit que la force répulsive du fluide de cette lame, à l'égard du fluide de *cogd*, n'ayant subi qu'une légere diminution, ne permettra à *cogd* de se charger que d'une petite quantité de fluide additif; après quoi, si l'on continue d'électriser le conducteur, tout le fluide excédant s'échappera à travers l'air voisin de *cd*. Il n'est donc pas

rigoureusement vrai, comme le disent les partisans de la Théorie de M. Francklin, que la bouteille ne se chargeroit nullement dans un air très-sec. Effectivement, si l'on essaie de décharger une pareille bouteille, à l'aide d'un excitateur, on tirera de la partie *cd*, ou de toute autre partie en communication avec elle, une étincelle qui, quoique foible, le sera moins cependant, que si la surface intérieure n'avoit de fluide électrique que ce qu'elle auroit reçu, indépendamment de la lame *sikn*.

79. Une bouteille chargée, suspendue sous un récipient que l'on purge d'air, se décharge à mesure que l'on fait le vuide. Si cette expérience est faite dans l'obscurité, on voit une multitude de jets lumineux qui sortent du crochet de la bouteille, & se replient vers sa partie extérieure. La raison de ce phénomene est sensible d'après ce qui a été dit ci-dessus. Car la matiere électrique n'étant plus retenue, dans l'armure intérieure, par la résistance de l'air, s'échappe à travers le crochet, pour se rendre à la surface extérieure, qui exerce sur elle une force attractive; en sorte que les deux surfaces reviennent peu-à-peu à l'état naturel, celle qui est électrisée en plus, transmettant successivement tout son excès de fluide à celle qui est dans l'état négatif. Cette belle expérience a été imaginée par

M. de Parcieux, neveu du célébre Académicien de ce nom, & connu par ses talens pour la Physique expérimentale.

80. Il suit encore delà, qu'une bouteille ne peut se charger, du moins que très-foiblement, dans le vuide, lors même que sa surface extérieure est en communication avec des corps an-électriques. Car, en purgeant d'air le récipient, on supprime un puissant obstacle, qui eût maintenu, dans l'armure intérieure, l'excès de fluide électrique fourni par le conducteur; en sorte qu'il ne faut à cette armure qu'un léger degré d'électricité positive, pour qu'elle parvienne à son point de saturation.

81. Si l'on suspend à un cordon de soie, au milieu d'un air sec, une bouteille de Leyde, après l'avoir chargée, & qu'on approche le doigt de sa surface extérieure, il n'en sortira aucune étincelle, quoique cette surface soit électrisée négativement, ce qui doit arriver, d'après les principes établis ci-dessus (72), puisque les actions des deux surfaces sur le fluide extérieur, se balancent tellement, que ce fluide est autant attiré que repoussé, & qu'il doit par-là rester immobile le long de la surface *ik* (*fig.* 29). Mais si l'on approche le même doigt du crochet qui est en communication ave la surface intérieure, on en tirera une petite étincelle, parce que,

comme nous l'avons dit, la bouteille exerçant encore une partie de sa force répulsive sur le fluide de la surface extérieure, qui n'y est retenu que par l'air environnant, l'attraction du doigt, qui ajoute à cette force répulsive, doit déterminer une portion du fluide dont il s'agit, à s'échapper au-dehors. Alors la surface intérieure ayant perdu de son fluide électrique, sa force répulsive, à l'égard de la surface extérieure, se trouve diminuée; en sorte que celle-ci sera capable d'attirer une certaine quantité de molécules, & l'attireroit en effet, en la dérobant à l'air environnant, sans la difficulté qu'éprouve le fluide à se mouvoir dans cet air.

Les choses étant donc dans cet état, si l'on approche de nouveau le doigt de la surface extérieure, il sortira une étincelle occasionnée par le fluide, qui se portera du doigt vers cette surface. Alors l'équilibre sera encore rétabli; en sorte qu'on ne pourra plus obtenir d'étincelle, en approchant de nouveau le doigt de la surface extérieure. Mais si on l'approche du crochet, on tirera une nouvelle étincelle; & ainsi successivement, de maniere qu'en portant le doigt tour à tour de l'une à l'autre surface, on déchargera peu à peu entiérement la bouteille.

82. On voit par-là, que la bouteille suspendue & isolée, ne peut commencer à se décharger

ſpontanément, qu'en perdant une partie du fluide de ſa ſurface intérieure, & en la communiquant à l'air, après quoi la ſurface extérieure commencera elle-même à perdre, & ainſi de ſuite, juſqu'à ce que les deux ſurfaces ſoient retournées à leur état naturel. Ce retour ſe fera d'autant plus lentement, que l'air voiſin ſera plus ſec, & l'on a vu quelquefois des bouteilles, ainſi ſuſpendues, donner encore des ſignes ſenſibles d'électricité, au bout de vingt-quatre heures, & même de pluſieurs jours.

IX. De quelques moyens particuliers d'exciter la vertu électrique.

83. L'appareil & le jeu de nos machines électriques, ſont dirigés vers les deux moyens les plus ordinaires d'électriſer les corps, l'un, à l'aide du ſimple frottement; l'autre, par le contact ou la proximité d'un corps qui a déja reçu la vertu électrique. Ces deux moyens ont été pendant long-temps les ſeuls que l'on ait connus. On s'eſt apperçu depuis, que parmi les ſubſtances ſuſceptibles d'être électriſées par frottement, quelques-unes, telles que la Réſine, la Cire d'Eſpagne, le Soufre, &c. donnoient des ſignes d'électricité, lorſqu'on les avoit fait fondre, & qu'elles étoient récemment réfroidies. La Cire

d'Eſpagne, en particulier, eſt, en quelque ſorte, ſi ſenſible à l'action de la chaleur, relativement au même effet, qu'il ſuffit de chauffer très-légerement un bâton de cette Cire, & de le préſenter à une petite diſtance d'une aiguille tournante, dont je parlerai plus bas, pour voir cette aiguille ſe mettre en mouvement. La même Cire ſe trouve preſque continuellement électrique, ſans aucune préparation, pour le peu que la température de l'air ſoit chaude & ſéche en même-temps.

84. L'effet de la chaleur, pour ſeconder l'action du fluide électrique, paroît conſiſter dans la dilatation, qui écarte les molécules propres des corps, & facilite par-là le mouvement interne du fluide, pour ſe porter d'une partie de ces corps vers l'autre. Cet effet ne prouve donc aucune analogie directe entre la matiere de la chaleur & la matiere électrique, & il me ſemble qu'en aſſignant des rapports entre ces deux matieres, comme l'ont fait quelques Phyſiciens, on doit diſtinguer les cas où la chaleur entre ſeulement comme moyen auxiliaire dans la production des phénomenes, d'avec ceux où ſa maniere d'agir feroit ſemblable à celle du fluide électrique. Parmi les faits relatifs à ce dernier point de comparaiſon, il en eſt un, par exemple, qui eſt très-remarquable. La chaleur, comme

l'on fait, se répand avec beaucoup de facilité dans les corps métalliques, les corps aqueux, &c. au contraire, elle se propage lentement dans les substances vitreuses & résineuses. L'émailleur tient impunément une des extrêmités du même tube de verre, dont l'autre extrêmité entre en fusion, par l'activité de la flamme où elle est plongée. La Cire à cacheter n'excite aucune impression de chaleur sensible sur la main qui la tient, même à une petite distance de l'extrêmité par laquelle on l'allume, pour en faire usage. De même, le fluide électrique se propage en un instant d'une extrêmité à l'autre des métaux & de l'eau. Quant au verre & aux corps résineux, on peut bien les électriser aussi jusqu'à un certain point, par communication. Mais il faut pour cela, exposer successivement toutes les parties de leur surface à l'action immédiate d'un corps déja électrisé; & pour leur faire perdre en peu de temps leur vertu, il faut les appliquer à la fois par toute leur surface sur celle d'un corps anélectrique; en sorte que si l'on se contente de les toucher par intervalles avec le doigt, il n'y a que la partie que l'on touche qui se décharge. Cet effet est une suite de la difficulté qu'éprouve le fluide électrique à se mouvoir dans les pores des substances vitreuses & résineuses, ce qui indique, comme je l'ai remarqué, entre ce fluide

& la matiere de la chaleur, une analogie toute différente de celle que l'on prétendroit inférer de l'effet cité plus haut.

86. Parmi les phénomenes de ce dernier genre, il n'en est point qui ait piqué davantage la curiosité des Physiciens, que celui qu'on obtient à l'aide de certaines substances minérales. On a découvert que celles de ces substances, que l'on appelle *Tourmalines*, & qui ont communément une forme allongée & prismatique, s'électrisoient très-sensiblement par la seule chaleur, sans le secours du frottement; en sorte qu'un de leurs côtés étoit dans l'état positif, & le côté opposé dans l'état négatif (*a*). Toutes les pierres qui ont cette propriété sont du même genre, & j'ai reconnu qu'elles avoient la même structure; il en faut excepter les deux pierres gemmes, connues sous les noms de *Topaze* & *Rubis* du Bresil, qui s'électrisent aussi par la chaleur, quoiqu'elles appartiennent à un genre différent de celui des *Tourmalines*. Mais les unes & les autres ont un rapport de structure qui consiste en ce que certaines faces de leurs molécules sont disposées parallélement à l'axe du crystal; en sorte que la pierre a des points de

(*a*) Voyez pour les détails de cette découverte, l'Histoire de l'Électricité de M. Priestley, Tome II, pag. 137 & suivantes.

ſéparation continus dans ce ſens, qui eſt auſſi celui, ſuivant lequel paroît ſe mouvoir le fluide, lorſqu'il reflue d'une partie du cryſtal vers l'autre (*a*).

86. Avant d'aller plus loin, il ne ſera peut-être pas inutile de décrire ici un appareil fort ſimple, dont je me ſers pour les expériences électriques de la Tourmaline. Cet appareil conſiſte 1°. dans une aiguille de fil de laiton, terminé par deux petites boules, & qui tourne librement, à l'aide d'une chappe, ſur un pivot de même métal, non-iſolé; 2°. dans un baton de Cire d'Eſpagne, à l'extrêmité duquel eſt attaché un fil de ſoie très-délié, de quelques lignes de longueur.

Lorſque la Tourmaline a été chauffée, je commence par la préſenter à une petite diſtance d'une des extrêmités de l'aiguille, & je juge qu'elle eſt au degré de chaleur convenable, quand elle produit ſur l'aiguille des attractions ſenſibles. Je frotte auſſi-tôt le bâton de Cire, à pluſieurs repriſes, ſur une étoffe : en vertu de cette opération, l'extrêmité du fil de ſoie ſe trouve électriſée négativement. Je préſente alors à ce fil alternativement les deux bouts de la Tourmaline,

(*a*) Voyez l'eſſai d'une Théorie ſur la ſtructure des cryſtaux, pag. 191, & les Mémoires de l'Académie pour l'année 1787.

en maintenant celle-ci, de maniere que son axe soit, autant qu'il est possible, dans le même plan que le fil, & il arrive constamment qu'un des bouts de la Tourmaline repousse ce fil, & que l'autre l'attire.

87. Les expériences des Tourmalines ont exercé plusieurs Savans distingués, tels que MM. Lechman, Daubenton, Adanson, &c.; mais personne ne s'en est plus occupé que M. Wilson, & M. Æpinus lui-même, qui a donné sur ce sujet un Mémoire inséré parmi ceux de l'Académie de Berlin, pour l'année 1756. Ce Savant a bien constaté l'existence des deux électricités, l'une positive & l'autre négative, que manifestent les Tourmalines. Il ajoute, que si on place la pierre sur un métal très-chaud, ou sur un charbon ardent, elle s'électrise en sens inverse, de maniere que le côté qui est communément positif devient négatif, & réciproquement; mais qu'au bout de quelques instans elle retourne à son état ordinaire. Selon M. Æpinus, ce renversement d'état provient de ce que les différentes parties de la Tourmaline s'échauffent inégalement; d'où il résulte une espece de déviation dans le mouvement interne & la maniere d'agir du fluide. Mais M. Wilson qui a fait, comme nous l'avons dit, un grand nombre d'expériences sur la Tourmaline, assûre que quand la pierre est échauffée inégalement,

elle se trouve électrisée en plus de part & d'autre, si le côté le plus chaud est celui qui eût dû être positif, & que dans le cas contraire, les deux côtés sont électrisés en moins. Il attribue la diversité des résultats que présentent ses expériences comparées avec celles de M. Æpinus, aux différentes grosseurs des Tourmalines qu'ils ont employées, ou à la différence même des procédés. J'ai répété les mêmes expériences avec une Tourmaline d'Espagne crystallisée, de 26 lignes de longueur, sur une épaisseur d'une ligne $\frac{3}{4}$, en la plaçant sur un charbon ardent; & j'ai obtenu, à différentes reprises, des résultats conformes à ceux de M. Æpinus, & d'autres qui s'accordoient avec ceux de M. Wilson. J'ai même observé quelquefois que la Tourmaline, après avoir été retirée du feu, conservoit encore pendant quelques instans la propriété de repousser en même-temps par ses deux bouts un fil de soie électrisé négativement. On conçoit en effet que ces différentes modifications accidentelles de l'action du fluide peuvent avoir lieu successivement, en vertu des variations qu'une chaleur & une dilatation inégales peuvent occasionner dans les densités du fluide que renferme la pierre.

88. J'ai desiré de savoir, si parmi les substances minérales il y en avoit d'autres qui produisissent les mêmes effets que la Tourmaline; & ayant

éprouvé, dans cette vue, toutes celles qui ne ſont pas à l'état métallique proprement dit, j'ai trouvé que les Calamines cryſtalliſées partageoient ſeules, avec les Tourmalines, la propriété de devenir ſenſiblement électriques par la Chaleur; ce qui eſt d'autant plus ſingulier, que la calamine appartient au genre du zinc, que l'on ſait être un demi-métal. La deſcription détaillée de ces ſubſtances n'étant pas de mon objet, je me contente de les indiquer aux Naturaliſtes. On peut conſulter ſur ce point les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1785.

89. MM. Lavoiſier & de la Place ont découvert une autre phénomene de l'électricité, d'autant plus digne d'attention, qu'il peut répandre un grand jour ſur la maniere dont le fluide électrique agit dans la nature. Ces deux Savans avoient remarqué que les corps, en paſſant de l'état de ſolides ou de liquides à celui de vapeurs, & réciproquement, donnoient des ſignes non-équivoques d'électricité négative ou poſitive. Ils ont annoncé ces réſultats à l'Académie, le 6 Mars 1781; & quelque temps après, ils lui ont communiqué le détail de leurs expériences, relativement au même objet.

Dans ces expériences, les corps d'où s'élevoient les vapeurs, ou qui ſe convertiſſoient en vapeurs, étoient iſolés. Lorſque les ſignes d'électricité

paroissoient devoir être légers & instantanés, les deux Physiciens faisoient communiquer les corps, par le moyen d'une chaîne, ou d'un fil de fer, directement avec un petit électrometre, à peu-près semblable à celui de M. Cavallo, dont nous avons donné la description (48). Mais lorsqu'il y avoit lieu d'espérer que l'électricité s'accroîtroit par des degrés successifs, & seroit durable, on employoit le condensateur de M. de Volta (*a*).

MM. Lavoisier & de la Place, ayant mis de la limaille de fer dans un bocal à large ouverture, ont versé sur cette limaille de l'acide vitriolique, étendu de trois parties d'eau. Il s'est

---

(*a*) Cet instrument n'est autre chose qu'une espece d'électrophore, dans lequel M. de Volta substitue au gâteau de résine qui reçoit le disque métallique, un corps du genre de ceux qui n'isolent qu'imparfaitement, & qui tiennent comme le milieu entre les substances an-électriques & idio-électriques. De ce nombre est, par exemple, le marbre blanc. Tandis que le disque est placé sur un pareil support, si on fait prendre à ce disque, par communication, un certain degré, même très-foible, d'électricité; le fluide naturel renfermé dans la partie supérieure du support, qui est voisine du disque, est à l'instant attiré ou repoussé, suivant l'état de ce même disque; & comme par la nature du support, qui est en partie perméable au fluide, celui-ci a une certaine liberté de s'y mouvoir, sans cependant être assez mobile pour s'échapper

fait une vive effervescence, un dégagement rapide d'air inflammable, & au bout de quelques minutes, le condensateur a été tellement chargé d'électricité, qu'il a produit une assez forte étincelle. L'Electrometre a fait connoître que l'électricité étoit négative. La production de l'air fixe & celle de l'air nitreux, par l'acide vitriolique & par l'acide nitreux versés sur la craie en poudre, ont donné des résultats semblables. Des réchauds isolés & remplis de charbon allumé, ont aussi donné, après la combustion du charbon, des signes très-marqués d'électricité négative.

Il paroît que, dans ces expériences, les corps

---

facilement, l'état du support differe beaucoup plus de l'état naturel, en conséquence de l'action qu'exerce sur lui le disque, que dans le cas d'un isolement parfait. Par une suite nécessaire, le support, à son tour, agissant beaucoup plus fortement sur le disque, le rend susceptible de se charger des plus légeres quantités d'électricité qui s'y accumulent insensiblement, sans pouvoir passer dans le support, à cause de la résistance que le fluide éprouve à l'endroit du contact qui se fait par une surface plane ; ensorte qu'au bout d'un certain temps, la somme de toutes ces petites quantités peut s'accroître au point que quand, après avoir enlevé le disque, on lui présente le doigt, ou la boule d'un excitateur, on en tire une étincelle assez vive. Delà le nom de *condensateur* que porte l'instrument dont il s'agit.

qui se vaporisent, enlevent aux vases avec lesquels ils sont en contact, une partie de leur électricité propre, ce qui indique un nouveau point d'analogie entre l'électricité & la chaleur. Mais les résultats varierent, lorsque les deux Académiciens employerent un procédé particulier, qui consistoit à verser de l'eau sur des poëles de fer battu, chauffées & isolées: cette opération ayant été répétée jusqu'à trois reprises, l'électricité produite ne fut négative que dans la premiere épreuve; elle étoit décidément positive dans les deux suivantes. (Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, ann. 1781, pag. 292).

M. de Saussure a fait depuis une longue suite d'expériences du même genre, sur-tout, relativement au dernier des faits que nous venons de citer. Ce savant Physicien, ayant plongé un fer rouge dans un petit volume d'eau, qui étoit au fonds d'un vase de métal isolé, obtint une forte électricité, qui se trouva être positive. Surpris de ce résultat, qui ne s'accordoit point avec celui de la vaporisation occasionnée par la simple ébullition, puisque celle-ci produit une électricité négative, il se proposa de rechercher la cause de cette différence. Pour y parvenir, il multiplia & diversifia les épreuves: il employa successivement des creusets de fer, de cuivre, d'ar-

gent, &c. fortement échauffés, & dans lesquels il jettoit successivement, à plusieurs reprises, une quantité déterminée du fluide qu'il vouloit réduire en vapeurs. Il se servit aussi de différens fluides, tels que l'eau distillée, l'esprit de vin & l'éther. Il forma des tables qui indiquent le moment de chaque projection, la durée de la vaporisation; la nature, ainsi que le degré de l'électricité produite; enfin, l'état du creuset & celui des vapeurs, dans les différentes projections successives. L'électricité a été tantôt nulle, tantôt positive & tantôt négative. M. de Saussure pense, que quand l'opération, qui convertit l'eau en vapeurs, décompose en même-temps ce fluide, ou le corps qui est en contact avec lui, il se produit une nouvelle quantité de matiere électrique, & que le vase qui sert à l'opération reçoit une électricité positive, ou négative, ou qui devient nulle, suivant que la quantité du fluide engendré est supérieure, inférieure, ou égale à celle que la vaporisation enleve au vase. On peut voir le détail de ces belles expériences, ainsi que des conséquences très-plausibles que l'Auteur en a déduites, dans le second Volume de ses Voyages dans les Alpes, (pag. 227 & suiv.), où l'on trouvera aussi une suite très-intéressante d'observations sur l'électricité de l'atmosphere.

Quant à cette électricité, M. de Saussure croit,

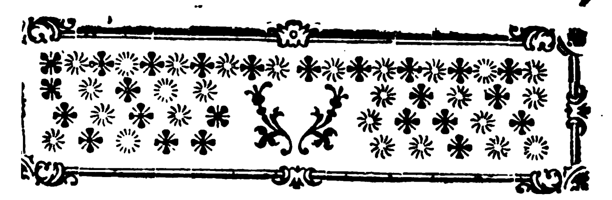
conduire à l'entiere solution des questions relatives à la Théorie de l'électricité naturelle, & de la formation du tonnerre.

---

en périsse. On voit par là comment il peut arriver qu'un homme situé loin de l'endroit où la foudre éclate, soit cependant foudroyé. Le même raisonnement s'applique à un nuage électrisé négativement. Milord Mahon donne le nom de *choc par retour* à cet effet, qu'il a représenté à l'aide d'un appareil électrique, dans une suite d'expériences variées & curieuses.

Fin de la Théorie de l'Électricité.





THÉORIE DU MAGNÉTISME.

I. Des propriétés du fluide magnétique; & de sa comparaison avec le fluide électrique.

91. LA matiere magnétique, suivant M. Æpinus, est un fluide très-subtil, dont les molécules ont la propriété de se repousser mutuellement, comme celles du fluide électrique (1). Mais elles en différent en ce que celles-ci sont attirables par tous les corps connus, au lieu qu'il n'y a qu'une seule substance qui exerce une attraction sensible sur les molécules magnétiques. Cette substance est le fer à l'état métallique.

92. Tous les naturaliſtes ſavent que l'eſpece de minéral, d'une couleur ordinairement brune ou noirâtre, qu'on appelle *aimant naturel*, n'eſt autre choſe qu'une mine de fer, qui ſe trouve, en pluſieurs endroits, dans le ſein de la terre. On la reconnoît ſur-tout à la propriété qu'elle a d'attirer la limaille de fer. On fait auſſi, avec le fer forgé, ou plutôt l'acier, des aimans artificiels, dont nous parlerons dans la ſuite.

93. Tous les corps de la nature, ſi on excepte le fer, ſont entierement perméables au fluide magnétique, qui les pénétre librement, ſans éprouver aucune action de leur part. Auſſi ne donnent-ils aucun ſigne de magnétiſme. Il n'en eſt pas de même du fer; le fluide magnétique, à la vérité, le pénétre auſſi, mais avec beaucoup de difficulté. Le fer eſt, à l'égard de ce fluide, ce que les corps idio-électriques (2), ſont par rapport au fluide électrique.

94. Plus le fer eſt dur, & plus le fluide magnétique éprouve de difficulté à ſe mouvoir dans ſes pores. Le fer tendre livre un accès beaucoup plus facile aux molécules de ce fluide, & ſe rapproche davantage, à cet égard, de l'analogie avec les corps an-électriques. Mais en général, il paroît, par des expériences qui seront citées dans le cours de cet ouvrage, que le fer

est moins perméable au fluide magnétique, que les corps idio-électriques, même au plus haut degré, ne le sont par rapport au fluide électrique.

95. Nous avons vu (3), que chaque corps renfermoit naturellement une certaine quantité de fluide électrique, qui lui étoit propre. Le fer, même celui qui ne donne aucun signe de magnétisme, a aussi sa quantité naturelle de fluide magnétique. Mais il y a une différence très-remarquable entre le fer & les corps électriques, quant à la maniere dont ils passent de leur état naturel à celui où le fluide, qui les pénétre, manifeste son action. Il arrive souvent, dans ce passage, que les corps électriques, ou acquiérent une quantité surabondante de fluide électrique, ou perdent une portion de leur fluide naturel. Au contraire le fluide magnétique éprouve une si grande difficulté à pénétrer le fer, qu'il n'est gueres possible que ce métal reçoive de celui des corps environnans, ou perde de celui qui lui est propre, en sorte que tous nos efforts pour communiquer au fer les qualités de l'aimant, se bornent à produire un simple mouvement de translation du fluide, dans l'intérieur même du fer.

96. Il résulte delà une nouvelle différence entre les corps électriques & les corps magnéti-

ques. Il n'eſt pas rare d'en trouver, parmi ces derniers, qui ſoyent tout entiers électriſés en plus ou en moins (4). Le fer, au contraire, lorſqu'il eſt devenu aimant, a toujours une de ſes parties dans l'état poſitif, & l'autre dans l'état négatif. Nous parlerons dans la ſuite du réſultat des tentatives que l'on a faites, pour augmenter la quantité naturelle de fluide renfermée dans le fer.

97. On ſait qu'un aimant ſuſpendu librement, tourne un de ſes côtés vers le nord, & l'autre vers le ſud ; delà les noms de *pole du nord*, ou *pole boréal*, & *pole du ſud* ou *pole auſtral*, que l'on a donnés aux deux côtés d'un aimant, rélativement à leur direction vers l'un ou l'autre des poles de notre globe. On n'a pu decouvrir encore lequel des deux poles d'un aimant étoit dans l'état poſitif, & lequel avoit un magnétiſme négatif.

98. Quelques Phyſiciens ont cru que le fluide électrique & le fluide magnétique n'étoient que le même fluide. Cette opinion ne peut être admiſe, lorſque l'on conſidére que ces deux fluides différent ſenſiblement dans leurs propriétés, ſur-tout dans celle qu'a le premier d'être attiré par tous les corps connus, tandis que l'autre ne l'eſt que par le fer (91) : ſeulement, les actions de ces deux fluides, ainſi que nous

le verrons bientôt, sont soumises aux mêmes loix, & ne different entr'elles, quant à la maniere dont elles s'exercent, qu'à raison de la différence même qui se trouve entre les corps qui les manifestent.

99. Concluons de ce qui précéde, qu'il n'est pas étonnant que l'électricité soit beaucoup plus féconde en phénomenes que le magnétisme; car ceux qui dépendent du fluide magnétique se bornent à une seule espece de corps, dans lesquels le fluide ne se meut qu'avec beaucoup de difficulté; mais l'électricité, outre qu'elle embrasse toute l'étendue des trois regnes de la nature, produit, à l'aide de l'action réciproque des corps an-électriques & idio-électriques, une multitude d'effets qui se diversifient de mille manieres.

II. Des loix auxquelles est soumise l'action du fluide magnétique, en conséquence des propriétés exposées dans l'article précédent.

100. Les loix que suit le fluide magnétique, étant les mêmes que celles qui agissent dans la production des phénomenes, qui dépendent du fluide électrique; tout ce que nous avons dit (n°. 6, & suiv.), sur les différens cas relatifs

à l'action de ce dernier fluide, s'applique en général au magnétisme. Mais la différence qu'occasionne dans les résultats, celle qui existe entre les corps électriques & les corps magnétiques, exige que nous apportions certaines modifications à ceux de ces résultats, qui concernent les corps susceptibles de magnétisme.

101. Nous avons considéré (6 & 7) l'action d'un corps électrisé tout entier en plus ou en moins, sur des molécules de fluide voisines de ce corps; mais le magnétisme ne nous offrant peut-être jamais de cas analogues à celui-ci (95), nous nous bornerons à l'examen du seul cas où les parties d'un corps sont dans différens états de magnétisme positif ou négatif.

Concevons donc un corps A (fig. 19), & que le fluide magnétique soit inégalement répandu dans les deux parties AB, AC, de ce corps, en sorte qu'il y ait excès de fluide dans la partie AC, & défaut de fluide dans la partie AB. Si l'on pouvoit faire varier à volonté les quantités de fluide renfermées dans ces deux parties, ainsi que le rapport de ces quantités, nous pourrions appliquer ici tout ce que nous avons dit (10 & suiv.) de l'action d'un corps électrisé d'un côté en plus & de l'autre en moins, sur les molécules de fluide voisines de ce corps, c'est-à-dire, qu'il pourroit arriver que le

le fluide fût attiré ou repoussé d'un côté, tandis que de l'autre il resteroit immobile, ou qu'il fût attiré ou repoussé des deux côtés à-la-fois, ou enfin qu'il fût attiré d'un côté & repoussé de l'autre.

Mais nous avons déja observé (95), & cette assertion se trouvera encore confirmée d'après ce que nous dirons dans la suite, qu'en général tous les corps qui donnoient des signes de magnétisme, ne renfermoient en total que leur quantité naturelle de fluide, qui étoit seulement distribuée inégalement dans les différentes parties de ces corps. Cela posé, la seule hypothese à faire est celle où l'excès du fluide de AC, seroit précisément égal au défaut du fluide de AB. Or, nous avons prouvé (16), que, dans ce cas, une molécule D de fluide seroit attirée par le corps A, en sorte qu'elle tendroit à y pénétrer, tandis que la molécule E en seroit repoussée.

101. Supposons maintenant que le corps A soit abandonné à lui-même, sans qu'il y ait aucun autre corps magnétique dans sa proximité. Ce corps tendra à retourner vers l'état d'uniformité, en sorte que le fluide surabondant renfermé dans la partie AC, sera sollicité à-la-fois par la répulsion mutuelle des molécules (6), & par la force attractive de la partie AB (7), à se

répandre dans cette partie, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

Quant à la résistance de l'air qui s'oppose, comme nous l'avons vu (8), à la tendance qu'ont les corps électrisés vers l'état naturel, elle est nulle, par rapport aux aimans, puisque le fluide magnétique pourroit traverser l'air & tous les autres corps, excepté le fer, avec une extrême facilité. Cependant l'expérience prouve que la vertu magnétique se maintient très-longtemps dans les corps qui l'ont acquise, & même beaucoup plus longtemps que la vertu électrique dans les corps les plus susceptibles de la conserver, tels que la bouteille de Leyde. Or, cette différence ne peut venir que de la grande difficulté qu'éprouve le fluide magnétique à se mouvoir dans le fer.

102. La résistance qni provient de cette difficulté peut être considérée comme une force opposée à l'effort, que fait le corps pour retourner à l'état naturel, & capable de balancer cet effort, de maniere que l'équilibre subsiste entre l'un & l'autre, pendant un certain temps, sans altération sensible. Quand le corps est parvenu à cet équilibre, on dit qu'il est *à son point*, ou *à son degré de saturation*; & il est clair que si l'on continue alors de l'aimanter, il perdra aussitôt toute sa nouvelle vertu magnétique. Le degré de

ſaturation ſera d'autant plus élevé, c'eſt-à-dire, que la force magnétique, que le corps ſera ſuſceptible de conſerver, ſera d'autant plus conſidérable, que le fluide éprouvera plus de difficulté à ſe mouvoir dans ce corps. Or, comme le fluide ſe meut plus aiſément dans le fer tendre que dans le fer dur (79), il en réſulte que le degré de ſaturation eſt toujours plus élevé dans le ſecond que dans le premier. Cette conſéquence s'accorde avec l'obſervation; car ceux qui font des aimans artificiels ſavent très-bien que le fer tendre acquiert aiſément une vertu conſidérable, mais qu'il la perd, en très-grande partie, avec la même facilité; au lieu que le fer dur, plus difficile à aimanter, conſerve beaucoup plus longtemps un degré de magnétiſme très-ſupérieur à celui qui reſte dans le fer tendre, & c'eſt pour cette raiſon qu'on le préfére à celui-ci dans la conſtruction des aimans artificiels.

103. Les actions réciproques de deux aimans ſont les mêmes que celles de deux corps électriſés. Mais d'après ce qui a été dit plus haut (80), les différens cas, dans leſquels ces actions peuvent s'exercer, ſe réduiſent à ceux où les corps ont une partie dans l'état poſitif, & l'autre dans l'état négatif, de maniere que la totalité du fluide de chacun de ces corps eſt égale à la quantité na-

turelle. Avant d'examiner les effets relatifs à ce point de théorie, nous dirons un mot d'un cas particulier, qui rentre dans ceux dont nous venons de parler.

104. Concevons que l'on approche d'un aimant C (fig. 4), un barreau de fer G, dans l'état naturel. Il en fera de ce barreau comme d'un corps non électrisé que l'on approche d'un corps électrisé (19), c'est-à-dire, que l'aimant ne produiroit aucun effet sur le fer, si celui-ci conservoit son état naturel; mais il en est bientôt tiré par l'action que l'aimant exerce sur lui. Supposons que CB soit le côté positif, & CD le côté négatif; l'action de la partie CB prévaudra nécessairement sur celle de la partie CD (16), en sorte que CB, en vertu de son excès de force répulsive, refoulera une certaine portion du fluide, contenu dans le barreau G, de l'extrémité F de ce barreau vers son extrémité opposée; d'où il suit que le barreau deviendra lui-même un véritable aimant, que nous devons considérer comme ayant sa partie antérieure FG, dans l'état négatif, & son autre partie GH, dans l'état positif.

Si au contraire, les côtés CB, CD de l'aimant étoient, le premier dans l'état négatif, & le second dans l'état positif; il est facile de voir que le barreau G se trouveroit aimanté en sens

contraire, de maniere que GF deviendroit son pole positif, & GH son pole négatif.

105. Cela posé, considérons les deux corps C, G, comme deux aimans qui auroient leurs moitiés dans différens états de magnétisme positif ou négatif, & supposons, pour plus de simplicité, que le fluide soit uniformément répandu dans chacune de ces moitiés.

Supposons de plus que CB, FG soyent les poles positifs, & CD, GH, les poles négatifs. La force répulsive de la partie CB, étant égale à la force attractive de la partie CD, abstraction faite des distances (16); il est clair que la premiere agit plus puissamment sur le corps G, à raison d'une moindre distance; donc le corps C agit sur le corps G, comme étant dans l'état positif; donc il tend à repousser la partie FG, & à attirer la partie GH. Or, à distances égales, l'attraction feroit équilibre à la répulsion; donc, puisque la partie FG est plus voisine du corps C que la partie GH, la répulsion l'emportera, & les deux corps s'écarteront l'un de l'autre.

On prouvera par un raisonnement semblable, que dans le cas où CB, FG seroient les poles négatifs, & DC, GH, les poles positifs, les deux aimans se repousseroient encore, comme dans le cas précédent. Il ne faut, pour le de-

montrer, que substituer le mot d'*attraction* à celui de *répulsion*, & réciproquement.

106. Supposons enfin que CB, GH, soyent les poles positifs, & DC, FG, les poles négatifs. D'après ce qui a été dit plus haut, le corps C agit sur le corps G, comme étant dans l'état positif; donc, il tend à attirer la partie FG, & à repousser la partie GH. Mais l'attraction agit plus fortement sur la premiere, à raison d'une moindre distance; donc, les deux corps tendront à s'approcher l'un de l'autre.

107. Il n'arrive peut-être jamais que le fluide soit répandu uniformément dans chacune des parties d'un aimant, & nous n'avons d'abord supposé cette uniformité que pour simplifier l'explication des phénomenes. Mais de quelque maniere que le fluide soit distribué dans les parties CD, BC, ou FG, GH; on pourra toujours ramener l'état des deux corps aux différens cas, exposés dans les n^os^. précédens, en appliquant ici ce que nous avons dit (18), de deux corps électriques, dans lesquels le fluide ne seroit pas uniformément répandu.

108. Concluons delà que si deux aimans se regardent par leurs poles positifs, ou négatifs, ils se repousseront mutuellement, & qu'ils s'attireront au contraire, si le pole positif de l'un est tourné vers le pole négatif de l'autre. On

exprime, d'une maniere abrégée, ce fait connu de tous les Physiciens, en disant que *deux aimans se repoussent par leurs poles de même nom, & s'attirent par leurs poles de noms différens.*

109. Nous placerons ici la définition des *centres magnétiques*, dont nous aurons besoin pour la suite. M. Æpinus appelle ainsi le point de séparation entre la partie positive & la partie négative d'un aimant. A la rigueur, ce centre est moins un point, qu'une surface qui s'étend dans toute l'épaisseur de l'aimant. Mais il n'y a aucun inconvénient à employer la dénomination de *centre*, pourvu qu'on n'y attache que l'idée qui naît de la definition que nous venons d'en donner.

110. Nous avons exposé (105 & suiv.) les effets qui résultent de l'action réciproque de deux aimans, dont chacun a un pole positif & un pole négatif. Mais il peut arriver que cette action même apporte divers changemens à la maniere dont le fluide est distribué dans chacun des deux aimans, sur-tout si une cause extérieure intervient pour les rapprocher l'un de l'autre, dans le cas où ils se fuyent, en vertu d'un magnétisme homogene. Nous avons vu (53 & suiv.), que l'action d'une pareille cause, par rapport à deux corps électriques, pouvoit donner

lieu à des phénomenes opposés, en apparence, à l'analogie des effets naturels; mais au fond parfaitement d'accord avec la théorie. Le magnétisme présente la même singularité dans les faits, & la même liaison avec les principes de la théorie, dans les explications de ces faits; toujours cependant eu égard aux modifications que la différence des corps occasionne nécessairement dans les phénomenes (100).

111. Remarquons, avant d'aller plus loin, qu'il peut arriver, & qu'il arrive en effet assez souvent, qu'une verge magnétique a plusieurs poles, qui se succedent l'un à l'autre, en sorte que si on la conçoit divisée en autant des parties qu'il y a de poles, ces différentes parties seront alternativement dans des états positifs & négatifs. Ces poles contraires, qui se suivent dans un même aimant, ont été appellés, par les Physiciens, *points conséquens*. Nous verrons bientôt comment on peut mettre un barreau de fer, dans cet état de magnétisme.

112. Cela posé, concevons d'abord que *ab* (fig. 20) soit une verge de fer dans l'état naturel, située à une petite distance d'un aimant B, dont BC soit le pole positif, & BD le pole négatif. Nous avons déja vu (104) que dans ce cas, la verge *ab* deviendroit elle-même un ai-

mant, dont *ga* seroit le pole négatif, & *gb* le pole positif. Or, la quantité de fluide, renfermée dans la totalité du corps *ab*, étant égale à la quantité naturelle, il est clair que les deux corps B, *g*, s'attireront, à quelque distance qu'ils se trouvent l'un de l'autre (106).

Le même effet aura lieu, si l'on suppose que BC soit le pole négatif, & BD le pole positif de l'aimant B.

113. Il est possible cependant que la verge *ab* acquierre des points conséquens (111), tandis qu'elle s'approche de l'aimant B, sur-tout si celui-ci a une puissante vertu magnétique; car, en supposant toujours que les poles BC, BD soyent l'un le pole positif, & l'autre le pole négatif, il est clair, qu'à mesure que la verge *ab* s'approche de l'aimant B, la force répulsive de la partie BC augmentant, à raison d'une moindre distance, tend à refouler une nouvelle portion de fluide, de la partie *ag* dans la partie *gb*, en même-temps qu'elle refoule encore davantage le fluide de cette derniere partie. Or, deux causes font obstacle au refoulement du fluide de *ag*, savoir, la difficulté qu'éprouve ce fluide à se mouvoir dans le fer, & la répulsion du fluide accumulé dans la partie *bg*. Il peut donc arriver qu'il y ait un point, tel que *n*, où la résistance qui naît du concours de ces deux causes

devienne supérieure à la force répulsive de l'aimant B, & passé ce terme, les deux aimans continuant de s'approcher, le fluide accumulé, par exemple, dans l'espace *gn*, pourra même y abonder au point que sa répulsion rende la partie voisine *no* négative, & alors l'aimant *ab* aura quatre points conséquens.

Mais dans le même cas, il est encore impossible que les deux aimans commencent à se repousser, quelle que soit leur distance réciproque. Car, si la quantité de fluide qui a passé dans *gn*, fut restée dans *ag*, sa répulsion sur le fluide de BC n'auroit pas empêché les deux corps de s'attirer à toutes les distances; à plus forte raison continueront-ils de s'attirer, lorsque la même quantité de fluide, en passant dans *gn*, a perdu de sa force, à raison d'une plus grande distance.

Les mêmes effets auront lieu, dans le cas où le pole BD eut été positif, & le pole BC négatif; avec cette différence que les attractions prendront la place des répulsions, & réciproquement.

De plus, il est bien évident que si, dans le moment où les deux aimans s'approchent l'un de l'autre, une cause extérieure agissoit pour les écarter, & les abandonnoit ensuite à leur action réciproque, ils s'attireroient de nouveau, puis-

qu'ils auroient toujours leurs parties antérieures dans des états opposés de magnétisme positif & négatif.

Concluons delà, que deux aimans, qui se regardent par leurs poles de noms différens, s'attireront mutuellement à toutes les distances, quelque changement qu'apporte dans leur état, soit leur action mutuelle, soit l'action d'une cause extérieure.

114. Passons au cas où deux aimans AD, EH (fig. 21) se regardent par leurs poles de même nom. Concevons que AC, EG soyent les poles positifs, & CD, GH les poles négatifs; chacun des deux aimans repousse le fluide de l'autre, en sorte qu'une portion du fluide est refoulée des parties antérieures, vers l'extrêmité opposée. Concevons chacune des parties AC, EG, sous-divisée en deux autres parties AB, BC, & EF, FG. Supposons de plus qu'une certaine quantité du fluide de AB ait passé dans BC, & une certaine quantité du fluide de EF dans GF. Suivant que ces quantités seront plus ou moins considérables, il pourra arriver, ou que les deux aimans continuent de se repousser, ou qu'ils s'attirent mutuellement, ou qu'ils n'aient plus aucune action l'un sur l'autre.

Car, 1°. tant que les quantités chassées de

AB ou de EF, feront telles que ces dernieres parties reftent dans l'état pofitif, ou du moins confervent leur quantité de fluide naturelle; il eft évident que les deux corps feront toujours dans le cas de deux aimans, qui n'auroient chacun que deux poles, & fe regarderoient par leurs côtés pofitifs. Or, nous avons vu (105), que dans ce cas les deux aimans doivent fe repouffer à toutes les diftances.

2°. Si les quantités de fluide qui font forties de AB & de EF, s'accroiffent au point de faire paffer ces parties, ou du moins l'une des deux, à l'état négatif, il pourra arriver que les deux aimans s'attirent mutuellement à une certaine diftance. Suppofons en effet que la partie EF, reftant toujours dans l'état pofitif, la partie AB foit devenue négative, auquel cas le corps AD aura trois points conféquens. L'aimant EH, qui agit à toutes les diftances, comme étant dans l'état pofitif, tend à attirer les parties AB, CD de l'aimant AD, & à repouffer la partie BC. Or, il peut très-bien fe faire que l'excès de fluide, qui a paffé dans la partie BC, ne foit pas fuffifant pour balancer l'effet de l'attraction que le corps EH exerce fur les parties AB, CD. Pour le mieux concevoir, fupprimons pour un inftant, par la penfée, la partie CD, & fuppo-

sons que le fluide renfermé dans AC, n'excede pas la quantité naturelle. Nous avons vu (106) que dans ce cas, les deux aimans s'attireroient mutuellement. Augmentons maintenant le fluide de BC d'une certaine quantité, mais moindre que celle qui est nécessaire, pour que cet excès de fluide compense la différence des actions du corps EH, sur les parties AB, BC, à raison des distances. Il est évident que les deux aimans s'attireront encore réciproquement. Remettons enfin la partie CD, & imaginons que la quantité dont nous venons d'augmenter le fluide de BC soit précisément égale à celle qui manque au fluide naturel de CD, auquel cas, le corps AD n'aura en totalité que sa quantité naturelle de fluide. La force attractive mutuelle des deux aimans se trouvera encore augmentée, puisque CD est dans l'état négatif. Donc il est très-possible qu'à une certaine distance la répulsion mutuelle des deux aimans se change en attraction.

3°. On concevra de même que le rapport des quantités de fluide, renfermées dans les diverses parties du corps AD, peut être tel, que l'excès du fluide de BC soit capable de compenser exactement l'excès de distance de cette même partie, sur la distance de AB, par rapport au corps EH, & en même-temps la force attractive de EH,

ſur CD, & dans ce cas, les actions reſpectives des deux aimans ſe faiſant équilibre, ces aimans demeureront immobiles.

Tout ce qui précéde peut s'appliquer au cas où deux aimans tourneroient l'un vers l'autre leurs poles négatifs; alors, une certaine portion du fluide de l'un & de l'autre étant attirée vers les extrêmités qui ſe regardent, on conçoit que l'une de ces extrêmités peut acquérir l'état poſitif à un tel degré, que les deux aimans commencent à ſe repouſſer, ou qu'ils ceſſent d'avoir aucune action l'un ſur l'autre, & s'arrêtent tout-à-coup à une certaine diſtance.

III. Application des principes précédens à pluſieurs phénomenes du Magnétiſme.

115. Si les effets qui tiennent au magnétiſme, ſont en général moins curieux & moins impoſans que ceux qui dépendent du fluide électrique, ils n'ont rien de moins piquant pour le Phyſicien, qui les ſuit avec attention, & s'efforce de les analy[illegible] par l'oppoſition apparente, qu'on remarque ſouvent entr'eux, lorſqu'on les rapproche les uns des autres. L'intérêt qu'ils excitent ne fait que s'accroître, lorſqu'à la ſur-

prise succede la satisfaction de voir avec quelle facilité ils se lient ensuite, & se placent dans une dépendance mutuelle, à l'aide de l'ingénieuse théorie, dont nous avons exposé les principes, dans les deux articles précédens.

116. L'expérience prouve que, toutes choses égales d'ailleurs, un aimant est d'autant plus fort qu'il est plus long, en sorte que si on le diminue, dans le sens de la longueur, on l'affoiblit beaucoup plus que dans le cas où l'on en auroit retranché une égale quantité de matiere dans le sens de la largeur. Ce fait, qui est fort difficile à expliquer, à l'aide des théories, qui supposent une atmosphere réelle autour de l'aimant, est une suite nécessaire de ce que nous avons dit plus haut; car l'action de l'aimant sur le fer doit augmenter à proportion que la force attractive ou répulsive du pole voisin l'emporte sur la force contraire de l'autre pole. Or, cet excès croît avec la longueur de l'aimant, puisque dans le cas où celui-ci est plus long, l'action du pole le plus éloigné, s'exerçant à une plus grande distance, nuit moins à l'action du pole qui regarde le fer (*a*). Ceci sert à expliquer pourquoi, en général, les aimans artifi-

(*a*) Cette conséquence est d'autant plus juste, que les points dans lesquels la force des poles est censée

ciels sont plus forts que les aimans naturels non armés, qui ont ordinairement beaucoup moins de longueur que ceux qui sont le produit de l'art.

117. Ayez deux aimans artificiels très-minces, de formes semblables, &, autant qu'il se pourra, d'égale force. Placez l'un quelconque CD (*fig.* 22), de ces aimans sur une table AB, de maniere que son extrémité C, que je suppose être le pole positif, dépasse un peu le bord de la table. Suspendez à cette extrémité un corps de fer F, d'un tel poids que l'aimant CD soit capable d'en porter un beaucoup plus pesant. Appliquez ensuite le second aimant *cd* sur le premier, de maniere que *d* soit le pole négatif; à l'instant le poids F se détachera, & l'aimant CD ne sera plus capable de soutenir même un corps léger.

Car d'un côté, l'action répulsive du pole C refoule de *g* en *h*, une partie du fluide contenu dans le corps F, & c'est en vertu de ce refoulement que l'aimant CD acquiert, par rapport au corps F, une vertu attractive. Mais d'une autre part, l'action contraire du pole *d*, qui agit sensiblement à la même distance, à cause du peu d'épaisseur de l'aimant *cd*, détruit l'effet produit

---

être concentrée, sont très-voisins des extrémités de l'aimant, comme nous l'expliquerons dans la suite.

par l'aimant CD, d'où il suit que la somme des actions de ces deux aimans sur le corps F se réduit à zéro.

Il est cependant bien évident que chacun des deux poles *c*, *d*, s'il agissoit seul, seroit capable de soutenir le corps F. La Théorie fait évanouir le merveilleux apparent de ce fait, qui présente une espece de paradoxe, en ce qu'on y voit deux actions, dont chacune prise séparément, est capable de produire un certain effet, devenir nulles par leur réunion; tandis qu'elles sembleroient alors devoir produire un effet double.

118 M. de Réaumur a observé le premier, qu'un aimant soulevoit plus facilement un morceau de fer placé sur une enclume, que si ce fer se fut trouvé sur quelqu'autre corps d'une nature différente. Pour rendre raison de ce fait, supposons d'abord un poids F (*fig.* 22), suspendu au pole positif C, d'un aimant CD, & qui soit le plus considérable que cet aimant puisse soutenir. Si l'on présente en-dessous du corps F, & à la distance d'un ou deux pouces, un second aimant GH, dont G soit le pole négatif, l'action de ce pole attirera vers l'extrêmité *h* du corps F, une nouvelle quantité de fluide. Donc la partie F*g* se trouvera plus évacuée que dans le cas où l'aimant CD agissoit seul sur le corps F, d'où il suit que, si l'on substitue au corps F un autre

corps plus pesant, il pourra se faire que l'aimant CD soit capable de le soutenir, tant qu'on laissera subsister la présence de l'aimant GH. Si, à la place de cet aimant, on se sert d'un barreau de fer mou d'un poids considérable, & dans l'état naturel, la proximité du pole positif C, de l'aimant CD, & celle du pole positif *h* du corps F, qui est lui-même devenu un aimant (104), produiront un certain degré de magnétisme dans le barreau de fer mou, substitué à l'aimant GH, de maniere que le pole de ce barreau, qui regardera le pole *h*, se trouvant négatif, fera en partie la même fonction que le pole G de l'aimant GH. Or, dans l'expérience citée, l'enclume représentant aussi en quelque sorte cet aimant, le résultat, proportion gardée, doit être le même.

119. Voici encore un fait qui a surpris plusieurs des Physiciens qui ont écrit sur le Magnétisme. Il consiste en ce que, si l'on met successivement en contact, avec l'un des poles d'un fort aimant, différens barreaux de fer non-aimanté, qui soient de même longueur, & qui aillent en augmentant d'épaisseur, la force attractive de l'aimant sur ces barreaux, s'accroîtra en même-temps que l'on emploîra des barreaux plus épais, mais seulement jusqu'à un certain terme; ensorte que, passé cette limite, si l'épaisseur augmente, l'attraction ne recevra plus d'accroissement.

La Théorie que nous exposons ici nous fournit une explication très-satisfaisante de ce fait.

Concevons que DEFG (*fig.* 23), soit un barreau de fer mou très-mince, dans l'état naturel. Si l'on dispose ce barreau, par rapport à un aimant vigoureux C, comme le représente la figure, l'action du pole BC, que je suppose être le pole positif, fera refluer une partie du fluide contenu dans le barreau DEFG, de l'extrêmité DE, vers l'extrêmité GF (104). Supposons qu'en vertu de cette action, le centre magnétique (109) de DEFG, se trouve placé sur la ligne *kt*. Si l'on dispose à côté de ce barreau, un autre barreau semblable EHIF, en le tenant d'abord à une certaine distance, la force du pole B agira sur ce barreau, comme sur le premier; en sorte que si le barreau EHIF existoit seul, son centre magnétique se trouveroit par exemple en *g*. Or, la partie E*ty*H étant dans l'état negatif, son action sur le fluide de DEFG, tend à ramener dans la partie D*kt*E, quelques-unes des molécules qui en avoient été chassées par l'action du pole B. Soit *m* une molécule située à la hauteur du centre magnétique: soit *a* le point dans lequel on peut supposer que la force attractive de la partie E*ty*H, est concentrée. Cette force s'exerçant, suivant la direction *am*, oblique par rapport au côté EF, se décompose en deux autres forces, dont l'une agit suivant

ac, perpendiculaire ſur EF, & l'autre, ſuivant *mc*, parallele à ce même côté. Or, l'épaiſſeur du barreau DEFG, étant extrêmement petite, la force *ac* peut être conſidérée comme nulle, d'où il ſuit que la force ſuivant *mc*, eſt cenſée agir ſeule pour attirer la molécule *m* dans la direction *ms*. Suppoſons qu'en vertu de cette attraction, la molécule ſe trouve tranſportée en *n*; dès-lors le barreau DEFG ſera moins attiré par l'aimant C, qu'il ne l'étoit indépendamment de la préſence du barreau EHIF. Mais le barreau DEFG, produiſant un effet ſemblable ſur l'autre, le centre magnétique de ce dernier, ſe trouvera auſſi rapproché dans quelque point *r* placé entre *ty* & HE.

Maintenant, ſi l'on applique immédiatement les deux barreaux l'un contre l'autre, comme le repréſente la figure, il eſt évident que l'action de l'aimant C, ſur l'aſſemblage de ces deux barreaux, ne ſe trouvera pas augmentée en raiſon de la matiere qui eſt doublée. Il eſt clair encore que, toutes choſes égales d'ailleurs, les deux centres magnétiques ſe trouveroient rapprochés à la même diſtance de la ligne DH.

Concevons que l'on applique de l'autre côté du barreau DEFG, un troiſieme barreau ſemblable DKLG. La force de ce barreau agira pour rapprocher encore de la ligne DH, les centres magnétiques des deux autres barreaux, & ceux-ci

produiront un effet semblable sur le barreau DKLG ; mais la somme des distances des deux barreaux EHIF, DKLG, par rapport au barreau DEFG, est évidemment moindre, que la somme des distances des deux autres barreaux, par rapport à l'un quelconque des barreaux EHIF, DKLG ; d'où il suit que le centre magnétique du barreau intermédiaire DEFG, se trouvera plus rapproché de la ligne KH, que celui de chacun des deux barreaux voisins. Si nous supposons maintenant que l'on ajoute successivement de nouveaux barreaux KUTL, HMPI, &c. de part & d'autre du premier assemblage, cette addition produira deux effets.

1°. Le centre magnétique se trouvera d'autant moins rapproché de la ligne RN, que les barreaux seront plus éloignés de celui du milieu ; en sorte que tous ces centres seront placés sur deux lignes courbes *nd*, *nz* (*fig.* 24), qui iront en s'écartant de la ligne RN, depuis le point *n* du centre magnétique du barreau DEFG (*fig.* 23).

2°. Plus on ajoutera de barreaux, plus aussi les courbes se rapprocheront de la ligne RN ; en sorte que si, en supposant un certain nombre de barreaux, les limites de l'espace qui sera dans l'état négatif, sont représentées par *edzh* (*fig.* 24), ces limites, avec un plus grand nombre de barreaux, seront représentées par *quxf*.

Mais d'une autre part, le pole B' de l'aimant C (*fig.* 23), agit plus fortement ſur les barreaux ſitués vers le milieu de l'aſſemblage, tant à cauſe que l'action de l'aimant C ſur ces barreaux, eſt plus directe, qu'à cauſe qu'elle s'exerce à une moindre diſtance. Il réſulte delà que les courbes *mu*, *mx*, ſe trouvent plus rapprochées par leurs extrêmités *u*, *x*, de la ligne RN, que nous ne le ſuppoſions il y a un inſtant; en ſorte que ces courbes prendront une poſition, telle que *mg*, *mp*.

Or, ces mêmes courbes continuant de ſe rapprocher de la ligne RN, à meſure que l'on ajoute de nouveaux barreaux, on conçoit qu'il y aura un terme où la diminution qui réſulte de ce mouvement des courbes, pour la force attractive de l'aimant C, compenſera l'accroiſſement produit par l'addition des nouveaux barreaux, & paſſé ce terme, ſi l'on augmente l'épaiſſeur de l'aſſemblage, l'attraction ceſſera de croître. La même choſe arrivera, proportion gardée, ſi l'on met l'aſſemblage RNOX, en contact avec le pole B de l'aimant C, ce qui explique le phénomene ſingulier dont nous avons parlé.

120. On a vu (114), que ſi deux aimans ſe regardoient par leurs poles de même nom, il pourroit arriver que leur action mutuelle changeât l'état de l'un des deux, au point qu'à une certaine diſtance l'attraction, ou deviendroit nulle, ou ſe changeroit en répulſion. Ce réſultat, qui

a paru singulier à plusieurs Physiciens, peut être vérifié à l'aide de l'expérience suivante.

Soit AB (*fig.* 25), un fort aimant qui ait son pole boréal en A, & son pole austral en B. Si l'on approche de cet aimant une aiguille aimantée CD, dont D soit le pole austral, & C le pole boréal, cette aiguille se dirigera de la maniere que le représente la figure. Si alors on fait tourner doucement l'aiguille sur son centre, par quelque moyen que ce soit, de maniere qu'elle ne s'écarte que peu de sa premiere direction, & qu'elle prenne, par exemple, la position *cd*; & si on l'abandonne ensuite à elle-même, elle reprendra la position CD. Si l'on rapproche continuellement le pole *c* du point A, & que l'on donne, par exemple, à l'aiguille la position *c'd'*, auquel cas les poles de même nom, commenceront à se regarder, il pourra arriver encore que *c'* soit repoussé par A. Mais enfin il y aura un point où la force répulsive de A, que je suppose être le pole positif, refoulera tellement le fluide contenu par excès dans le pole *c'*, que ce pole deviendra négatif; & alors la répulsion se changeant en attraction, l'aiguille prendra une direction diamétralement opposée à celle qu'elle avoit d'abord; en sorte que le pole D se trouvera à la place du pole C, & réciproquement.

121. Il se présente ici une question assez

curieuse. Concevons que A, B, (*fig. 26*); soient deux aimans qui ayent leurs poles positifs en C & en F, & leurs poles négatifs en D & en E. D'après ce que nous avons dit (106), les deux aimans s'attireront à toutes les distances. Concevons maintenant qu'à la place de l'aimant B, on substitue un autre aimant *b*, de même volume & de même forme, mais dont le magnétisme soit sensiblement plus foible. On demande s'il est possible que les deux aimans A, *b*, s'attirent plus fortement que ne le faisoient les deux aimans A, B. Quoiqu'il semble d'abord que la réponse doive être négative, il peut arriver cependant, que l'attraction entre les aimans A, *b*, l'emporte. Concevons en effet que le fluide magnétique se meuve avec beaucoup plus de facilité dans les pores de l'aimant *b*, que dans ceux de l'aimant B. Il pourra se faire, qu'en vertu de la répulsion de CA, sur le fluide de *be*, cette derniere partie se trouve plus évacuée que ne l'étoit la partie correspondante BE de l'aimant B. Or, la force attractive mutuelle des deux aimans, dépend, en grande partie, de la différence d'état entre leurs poles voisins. Cette différence peut donc s'accroître au point qu'elle compense au-delà la supériorité de l'aimant B sur l'aimant *b*, avant l'expérience, & alors l'attraction entre les aimans A, *b*, prévaudra sur celle des aimans A, B.

Quand même le corps *b* feroit dans l'état naturel, avant d'être approché de A, la facilité avec laquelle le fluide pénétreroit fes pores, pourroit être telle, que la même compenfation eût lieu, en vertu de l'évacuation produite dans la partie *be*, par la force répulfive du pole C; en forte qu'il feroit vrai de dire, qu'il y a tel cas, où un corps aimanté & un corps non-aimanté, fe feroient attirés plus fortement, que le premier de ces corps, & un autre corps pareillement aimanté.

182. Quand nous difons que le fluide magnétique pénétre certains corps avec plus de facilité que d'autres, on conçoit bien qu'il ne s'agit ici que d'une facilité relative, puifqu'en général le fer, ainfi que nous l'avons déja obfervé plufieurs fois, oppofe une réfiftance confidérable au mouvement de ce fluide à travers fes pores. Il fuit delà qu'il feroit impoffible de décharger fubitement un corps magnétique A (*fig.* 27), par un procédé femblable à celui que l'on emploie pour la bouteille de Leyde; favoir, en appliquant les deux extrêmités d'un fil de fer recourbé GF, fur les faces extrêmes CN, DL de l'aimant. Car, foit CN le pole pofitif, DL le pole négatif; la force répulfive de CN, refoule le fluide du fil de fer, de G vers F; en forte que celui-ci a une partie telle que G*h*, dans l'état négatif, & l'autre

partie *h*F dans l'état positif. L'action de la premiere tendra donc à attirer une partie du fluide de l'aimant A dans le fil de fer, en même-temps que la force attractive du pole DL, tendra à attirer dans l'intérieur de l'aimant une portion du fluide renfermé dans *h*F. Mais la difficulté avec laquelle le fluide magnétique se meut dans le fer, & sur-tout dans le fer dur, que l'on suppose ici être la matiere de l'aimant A, s'oppose au retour de ce fluide d'un pole vers l'autre; en sorte que la quantité de molécules qui s'échappent en pareil cas, du pole positif, pour se rendre au pole négatif, en traversant le fer, est censée nulle.

IV. De la communication du Magnétisme.

123. Il n'y a, en général, qu'une seule maniere de transmettre la vertu magnétique au fer, qui consiste à placer ce métal dans la sphere d'activité d'un corps aimanté. Les phénomenes du magnétisme se trouvent encore resserrés, à cet égard, dans des bornes plus étroites que ceux de l'électricité; puisque certains corps peuvent devenir électriques par frottement, & que tous le deviennent plus ou moins par communication.

On a remarqué, il est vrai, que plusieurs

instrumens de fer, tels que les limes, acqueroient un certain degré de magnétisme, par l'usage qu'en faisoient les Ouvriers, en les passant rudement sur les ouvrages auxquels ils vouloient donner le poli. Les corps exposés à de fréquentes secousses, comme les pincettes, se trouvent aussi assez souvent en état d'enlever de la limaille de fer par leurs extrêmités. Mais dans ces différens cas, le frottement où les secousses ne sont que des moyens auxiliaires, qui contribuent à ouvrir les pores du fer; & facilitant ainsi le mouvement du fluide dans ce métal, le rendent plus susceptible de l'action que le magnétisme du globe terrestre, ainsi que nous le verrons dans la suite, exerce sur tous les corps de la Nature, où le fer est à l'état métallique.

Il en est de même de l'action du feu, qui en dilatant le fer, donne plus de jeu au fluide magnétique dans les pores de ce métal.

124. Nous avons parlé, dans les articles précédens, de plusieurs cas, où l'approche d'un aimant communiquoit au fer la vertu magnétique. Mais la nature des procédés que l'on a imaginés pour porter cette communication au plus haut degré possible, exige que nous entrions sur cet objet dans des détails plus étendus.

Considérons d'abord, d'une maniere plus particuliere, les effets qui résultent de l'influence

d'un aimant E (*fig.* 28), dont on approche un barreau de fer B, dans l'état naturel. Quel que ſoit le pole A de l'aimant, que regarde l'extrémité C du barreau de fer, cette extrêmité (104) recevra toujours une vertu contraire à celle du pole A.

Suppoſons que ce ſoit le pole poſitif; ſon action chaſſera de C vers D, une partie des molécules voiſines de l'extrêmité C. Or, d'une part, le nombre des molécules déplacées eſt d'autant plus grand, que la partie qu'elles abandonnent eſt plus voiſine du pole A. Mais d'une autre part, plus le fluide s'accumule, plus auſſi ſon mouvement vers les parties ultérieures du barreau ſe trouve ralenti, par la difficulté qu'éprouve ce fluide à pénétrer le fer. Il y aura donc un point où il ſera tellement accumulé, que la réſiſtance qui en réſultera, fera équilibre en même-temps à l'action du pole A, & à la force répulſive mutuelle des molécules; & l'état du barreau ſera tel, que les parties voiſines de ſon extrêmité C, étant les plus évacuées, la quantité de fluide ira toujours en augmentant vers D, dans un eſpace donné, de maniere qu'à un certain terme, par exemple en *g*, le barreau ſera dans l'état naturel; paſſé ce point, le fluide continuera de s'accroître juſqu'au terme de la plus grande accumulation, que je ſuppoſe en *n*. Enfin, au-delà de *n*, le fluide

ra en diminuant progreſſivement, juſqu'à l'extrêmité D ; de maniere cependant qu'il reſtera toujours au-deſſus de la quantité naturelle, en ſuppoſant que le barreau B n'ait que deux poles.

125. Mais ſi ce barreau a une certaine longueur, alors au moment où le fluide, chaſſé de l'extrêmité C (*fig.* 29), aura atteint le point de ſa plus grande accumulation, que je ſuppoſe placé en B, il commencera à repouſſer le fluide ultérieur vers l'extrêmité D; en ſorte qu'en ſuppoſant, par exemple, que le fluide abonde par excès dans la partie BF, il pourra ſe faire qu'il y ait défaut de fluide dans la partie ſuivante FG. Alors le fluide de GK exercera à ſon tour une force répulſive ſur le fluide de la partie voiſine KH, qui paſſera à l'état négatif, & ainſi de ſuite; de maniere que le barreau aura des points conſéquens, mais dont la force ſera d'autant moindre, qu'ils s'écarteront davantage de l'extrêmité C, & dont le nombre dépendra de la longueur du barreau CD.

126. Juſqu'ici nous avons ſuppoſé que le fer, après avoir reçu la vertu magnétique par communication, avoit toujours au moins deux poles, l'un poſitif, l'autre négatif. Mais on pourroit demander, s'il n'y auroit pas auſſi quelque moyen de ſe procurer un aimant qui ne poſſédât qu'une ſeule eſpece de magnétiſme, & qui attirât

ou repouſsât à la fois des deux côtés, le même pole d'un autre aimant, comme on voit des corps électriſés tout entiers en plus ou en moins.

127. M. Æpinus eſſaya de mettre un barreau dans cet état, en employant un procédé qui, au premier coup-d'œil, ſembloit devoir lui réuſſir. Il conſiſte à ſéparer en deux un aimant artificiel qui ait deux poles; de maniere que la ligne de ſéparation correſponde à peu-près au centre magnétique. On ſeroit tenté de croire, qu'alors une des deux parties doit ſe trouver toute entiere dans l'état poſitif, & l'autre, toute entiere, dans l'état négatif.

M. Æpinus prit un barreau quarré de fer très-dur, ayant deux lignes de côté, & dix pouces $\frac{3}{10}$ de longueur; ſoit AB (*fig.* *30*), le barreau dont il s'agit. Notre Auteur, après l'avoir coupé en deux parties, dont la plus longue *ab* avoit 5 pouces $\frac{9}{10}$ de longueur, & la plus courte *bd* avoit 4 pouces $\frac{4}{10}$, appliqua ces deux parties ſur une planche, de maniere qu'elles ſe rejoignoient exactement. Après les avoir fortement aimantées, comme ſi elles n'avoient formé qu'un ſeul barreau, il obſerva que ce barreau n'avoit que deux poles, dont le boréal étoit *md*, & l'auſtral *am*: le centre magnétique ſe trouvoit dans la partie *ab*, au point *m*, diſtant du point *a* de 5 pouces $\frac{2}{10}$;

en ſorte qu'il étoit ſitué à peu-près au au milieu du barreau. M. Æpinus ſépara enſuite les deux portions *ab*, *bd*, de la verge, & il remarqua que *bd*, qui auparavant n'avoit qu'une ſeule eſpece de magnétiſme, préſentoit deux poles différens, dont *d* étoit le boréal, & *b* l'auſtral; le centre magnétique ſe trouvoit de $\frac{4}{10}$ de pouce plus près de *b* que de *d*. Pareillement *am* avoit deux poles, ſavoir, le boréal ſitué vers *b*, & l'auſtral vers *a*. Le centre magnétique étoit d'un pouce $\frac{11}{20}$ plus près de *m* que de *a*.

M. Æpinus eſſaie d'expliquer, d'après les principes de ſa Théorie, ce retour ſubit de chaque partie du barreau à l'état des aimans ordinaires qui ont deux poles. Mais il faut convenir que ſon explication n'eſt pas ſatisfaiſante. Il ſeroit néceſſaire, en effet, qu'une portion du fluide renfermé dans la partie *bd*, fût repouſſée dans l'air voiſin, & qu'il entrât de nouveau fluide de cet air dans la partie *ab*. Or, il paroît réſulter de ces deux faits une inconſéquence dans la Théorie, ſuivant laquelle tout le mécaniſme des forces magnétiques ſe réduit à un ſimple déplacement du fluide dans l'intérieur même des corps ſuſceptibles de l'attirer. Au reſte, on peut conſidérer deux parties dans la Théorie de M. Æpinus: l'une concerne les actions réciproques des corps, en conſéquence des quatre forces qui entrent

comme élémens dans la production des phénomenes, & l'on ne peut nier que les explications heureuſes & mécaniques auxquelles conduit la ſuppoſition de ces différentes forces, n'en rendent l'exiſtence extrêmement probable, quelle qu'en ſoit d'ailleurs l'origine. L'objet de l'autre partie eſt de déterminer la nature des agens d'où émanent les forces mentionnées, ainſi que la diſpoſition de ces agens dans l'intérieur des corps, & cette partie eſt ſuſceptible d'être encore perfectionnée, d'après ce que j'ai dit dans le Diſcours Préliminaire. Or, la difficulté dont il s'agit ici, ne tombe que ſur cette ſeconde partie, & il y a lieu d'eſpérer que les recherches des Phyſiciens ajouteront à la Théorie ce qui lui manque encore de ce côté, & la concilieront par-tout avec elle-même & avec l'obſervation.

128. Paſſons à la conſidération de pluſieurs autres réſultats d'expériences, qui ſont autant de conſéquences naturelles des principes expoſés précédemment. La réſiſtance que le fer oppoſe au mouvement interne du fluide magnétique, eſt telle que, pendant un certain temps, elle eſt capable de balancer l'action des forces qui tendent à ramener un aimant dans l'état naturel; de maniere que l'équilibre ſubſiſtera, durant cet eſpace de temps, ſans altération ſenſible. Le degré où cet équilibre a lieu, eſt ce que nous avons appellé, d'après M. Æpinus (102), *le*

degré

degré de saturation d'un aimant, & l'on conçoit qu'il doit varier avec la dureté des aimans.

Cela posé, si l'on approche d'un aimant A (*fig.* 31), un barreau de fer B dans l'état naturel, il peut arriver de trois choses l'une, savoir, que la force soit attractive, soit répulsive de l'aimant A sur le barreau B, communique à ce dernier un degré de magnétisme supérieur, ou égal, ou inférieur au degré de saturation, &, suivant que l'un de ces trois cas aura lieu, le barreau B, aussi-tôt qu'on l'aura éloigné de l'aimant A, ou perdra en peu de temps une certaine quantité du magnétisme acquis; savoir, celle qui excédera le degré de saturation, ou conservera tout le magnétisme acquis.

Concevons maintenant que l'on approche successivement de l'aimant A, le barreau B, que je suppose de fer mou, & un second barreau *b* tout semblable, qui soit de fer dur. Il est clair qu'en général le degré de magnétisme acquis par le corps B, sera plus élevé que celui du corps *b* (102). Or, si l'on examine ensuite ces deux corps, on aura des résultats singuliers, & qui paroîtront tenir du paradoxe.

Si l'aimant A est assez fort pour communiquer à chacun des barreaux B, *b*, un degré de magnétisme au-dessus du degré de saturation;

alors l'un & l'autre de ces derniers, après qu'on les aura écartés de l'aimant A, perdront toute la quantité excédente ; & comme le degré de saturation du barreau *b* est plus élevé, à raison d'une plus grande dureté, ce barreau se trouvera avoir acquis un magnétisme plus considérable que celui du barreau B.

Si l'aimant A n'est capable que de communiquer aux deux barreaux B, *b*, un degré de magnétisme inférieur au degré de saturation, alors chacun de ces barreaux étant isolé, conservera tout le magnétisme acquis ; & comme le corps B, qui est moins dur que le corps *b*, est en même-temps susceptible de recevoir un magnétisme plus fort, toutes choses égales d'ailleurs, sa force se trouvera supérieure à celle du barreau *b*, ce qui est l'inverse du premier cas.

Concevons enfin que l'aimant A ait un magnétisme, dont la relation avec la nature des corps B, *b*, soit telle que, tandis qu'il est capable de communiquer au premier un degré supérieur, ou égal, ou inférieur au degré de saturation, il ne puisse communiquer au second, dans tous les cas, qu'un degré inférieur à celui de saturation. Alors, suivant le degré acquis par B, il pourra arriver qu'après la séparation des deux corps d'avec l'aimant A, tantôt le magnétisme de B

paroiſſe l'emporter, tantôt ce ſoit le magnétiſme de *b*, tantôt, enfin les deux corps ſe trouvent avoir le même degré de magnétiſme.

129. Il ſuit encore delà, que le degré de ſaturation étant le plus élevé que puiſſe conſerver pendant un certain temps un corps abandonné à lui-même (128), ſi un aimant A a communiqué ce degré à un corps B, qu'enſuite on approche ce corps d'un aimant plus vigoureux, & enfin qu'on l'en ſépare, il ne paroîtra avoir reçu du ſecond aimant aucun ſurcroît de magnétiſme. Au contraire, ſa force ſe trouvera augmentée, ſi le premier aimant avoit été trop foible pour élever ſon magnétiſme juſqu'au degré de ſaturation.

130. On conçoit, d'après ce qui vient d'être dit, la raiſon de la diverſité que l'on trouve entre les Auteurs qui ont parlé du magnétiſme, les uns prétendant que l'acier le plus dur eſt en même-temps le plus ſuſceptible d'acquérir une grande force magnétique, & les autres préférant un acier moins dur. Ces Auteurs rejettoient ainſi ſur la nature des divers aciers, une différence qui tenoit plutôt à la vertu plus ou moins puiſſante des aimans qu'ils avoient employés pour communiquer le magnétiſme à l'acier.

131. On a obſervé depuis long-temps qu'un aimant, en communiquant un certain degré de vertu magnétique à un barreau de fer dans l'état

naturel, ne perdoit rien de sa force, & cet effet a dû paroître inexplicable à ceux qui supposoient que le fluide magnétique passoit du corps qui communiquoit le magnétisme à celui qui le recevoit. Mais on voit avec quelle facilité on rend raison du même effet, dans les principes de M. Æpinus, puisque toute l'action d'un aimant sur un corps non-aimanté, se borne à transporter le fluide naturel renfermé dans ce dernier, d'une extrémité vers l'autre. Il y a plus; c'est que la vertu de l'aimant, loin d'être altérée par cette opération, doit, au contraire, en être augmentée. Car à peine le barreau soumis à l'action de cet aimant, a-t-il reçu lui-même un commencement de magnétisme, qu'il agit de son côté sur l'aimant; & comme les poles, par lesquels l'un & l'autre se regardent, ont des qualités opposées, le pole du barreau, suivant qu'il est positif ou négatif, contribue, soit à évacuer encore davantage le pole correspondant de l'aimant, soit à y attirer une nouvelle quantité de fluide, d'où il suit que l'aimant doit en recevoir un surcroît de force.

132. Ces principes s'appliquent, comme d'eux-mêmes, à un fait remarquable & connu de tous les Physiciens. C'est que l'adhérence du fer à l'aimant fait croître, quoique lentement, la vertu de celui-ci. On a observé encore qu'un

imant qu'on avoit chargé d'abord de toute la quantité de fer qu'il pouvoit porter, se trouvoit, au bout d'un certain temps, capable de soutenir un poids plus considérable. Mais alors, si l'on détache ce poids, l'aimant perdant aussi-tôt tout ce qu'il avoit acquis au-dessus de son degré de saturation, en vertu de l'action que le poids exerçoit sur lui, n'est plus en état de soutenir la même charge, & ne recouvre que peu à peu sa premiere force.

133. Ceci nous conduit naturellement à parler des armures, c'est-à-dire, des morceaux de fer mou que l'on applique contre les aimans, & qui contribuent, soit à en conserver la vertu, soit même à l'augmenter.

Que DEGF (*fig.* 32), représente un barreau de fer d'une certaine épaisseur, appliqué par le milieu au pole positif A d'un aimant AB. Soit *a* le point dans lequel on peut supposer la force répulsive de ce pole, concentrée. Cette force s'exercera sur les molécules situées immédiatement au-dessous du point *a*, suivant une direction perpendiculaire à la ligne DE, & sur toutes les autres molécules, suivant des directions plus ou moins obliques à DE. Or, il est facile de concevoir que la partie du barreau, qui se trouvera évacuée en vertu de toutes ces différentes actions, sera terminée par une courbe HIK, dont le sommet I répondra au point *a*.

Si A étoit le pole négatif de l'aimant, il y auroit, au contraire, excès de fluide dans l'eſpace HIK, & tout le reſte du barreau paſſeroit à l'état négatif.

Si l'on diminue l'épaiſſeur du barreau, de maniere à ſupprimer, par exemple, la partie NFGO, les molécules refoulées par la force répulſive du pole A, n'éprouvant plus autant de réſiſtance de la part de celles qui ſont ſituées dans la partie qui paſſe à l'état poſitif, la partie évacuée prendra plus d'étendue que dans le cas précédent. Enfin, on conçoit que l'épaiſſeur du barreau peut devenir telle, que toute la partie du milieu ſe trouve évacuée, comme dans le cas où DESR repréſenteroit la coupe du barreau. L'effet contraire auroit lieu, ſi A étoit le pole négatif de l'aimant. Cela poſé, imaginons que l'on applique aux extrêmités BC, AD (*fig.* 33), d'un aimant, ſoit naturel, ſoit artificiel, deux armures minces de fer doux, BGHI, AMLK, & que BC ſoit le pole poſitif, & AD le pole négatif de l'aimant. Il eſt clair qu'à cauſe de la répulſion que BC exerce ſur le fluide de BGHI, ce fluide ſera refoulé de maniere que la partie évacuée pourra être repréſentée par la courbe B*ad*C, d'où il ſuit que le pied IH de l'armure paſſera à l'état poſitif. D'une autre part, il y aura dans la branche AMLK un certain eſpace curviligne, tel que A*fg*D, qui paſſera à l'état poſitif, en

vertu de la force attractive du pole AD ; en sorte que le pied LK de l'armure acquerra le magnétisme négatif.

Les corps de fer mou, auxquels on suspend la charge de l'aimant, sont mis en contact avec les surfaces inférieures LK, IH de l'armure. Celle-ci, comme on voit, ayant de chaque côté le même magnétisme que le pole correspondant, ajoute une nouvelle force à celle que l'aimant exerce pour soutenir la charge. Mais elle produit encore les deux effets que nous avons indiqués ci-dessus. Car la partie AfgD, qui est dans l'état négatif, contribue à retenir dans le pole AD le fluide qui y abonde, & cet effet n'est que légérement balancé par la force contraire de la partie excédente D*klg*, qui ne correspond qu'à une petite portion de la surface du pole AD. Pareillement la partie B*ad*C, qui est dans l'état positif, tend à maintenir dans le pole AB le magnétisme contraire. Mais de plus, l'action de chacune des deux branches ajoute sensiblement, avec le temps, à la force du pole qui lui correspond (132), en contribuant, soit à évacuer encore davantage le pole négatif, soit à attirer de nouveau fluide dans le pole positif.

Il suit de ce qui précéde, qu'il y a, par rapport aux branches BG*d*C, AM*g*D, de l'armure, un *maximum* d'épaisseur, d'où résulte le plus grand

effet possible. Pour que ce *maximum* ait lieu, il faut que le magnétisme positif ou négatif de chacune de ces branches, & en même-temps celui des pieds HI, LK de l'armure, soient aussi grands qu'ils puissent l'être. Or, si les branches sont trop épaisses, elle se trouveront dans le cas du barreau DFGE (*fig.* 32), & leurs parties situées vers GH, ML (*fig.* 33), ayant un magnétisme opposé à celui des parties voisines des poles, le magnétisme de celles-ci ne parviendra pas à tout l'accroissement dont il est susceptible. Si, au contraire, les branches sont trop minces, on conçoit aisément que les pieds de l'armure n'acquerront pas toute la vertu qui leur eût été communiquée dans le cas d'une épaisseur plus considérable. Il est donc intéressant, pour la perfection d'un aimant que l'on veut armer, de chercher la limite qui donne le *maximum* de vertu, ce qui ne peut se faire qu'à l'aide de divers tâtonnemens.

134. Jusqu'ici nous n'avons considéré que les méthodes d'aimanter, qui se pratiquent en mettant un aimant en contact avec un fer non-aimanté, ou en les tenant à une petite distance l'un de l'autre. Mais comme il étoit intéressant pour les Physiciens de communiquer une plus grande vertu aux aiguilles de boussole, que celle qui résulte des opérations précédentes, on a imaginé

différens procédés pour y parvenir. Le plus ſimple de tous conſiſte à frotter une verge de fer ou une aiguille DE (*fig.* 34), avec un aimant AB, dont on fait gliſſer le pole A dans toute la longueur de la verge, en répétant pluſieurs fois l'opération, & toujours dans le même ſens. On trouve alors que l'extrêmité D par laquelle les frictions ont commencé, a le même magnétiſme que le pole A, & que l'extrêmité E, qui a reçu la derniere friction, eſt douée du magnétiſme contraire, ce qui eſt une conſéquence néceſſaire de la Théorie (*a*). Car, tandis que le pole A, que je ſuppoſe poſitif, eſt appliqué ſur la partie DC de la verge de fer, il repouſſe le fluide de cette partie, & le fait refluer dans les parties voiſines CF, FG, GH, &c; parvenu enſuite ſur la partie CF, il repouſſe le fluide de cette partie vers D & vers E; d'où il ſuit que la partie DC recouvrera une certaine portion du fluide qu'elle avoit perdu, tandis que la partie CF deviendra néga-

---

(*a*) Tel eſt le procédé indiqué par l'Auteur. Mais il paroîtroit plus avantageux de commencer l'opération à une certaine diſtance du point D, pour n'être point dans le cas de produire d'abord un effet contraire au but de l'opération, & qu'il faut enſuite détruire. Dans les frictions ſuivantes, on pourroit ſe rapprocher par degrés du point D, en évitant cependant d'y arriver.

tive, de positive qu'elle étoit. A mesure que le pole A passera successivement sur chacune des parties FG, GH, HI, &c, il fera sortir de ces parties une portion du fluide qu'elles contenoient, pour le chasser vers E & vers D; en sorte que toutes les parties un peu éloignées du point de contact, deviendront positives, par l'accumulation du fluide, & qu'il n'y aura que la partie en contact avec le pole A, & les parties situées à une petite distance, qui soient dans l'état négatif. Enfin, lorsque le pole A sera parvenu à l'extrêmité E du barreau DE, il rendra cette extrêmité négative; & l'expérience prouve, qu'alors le pole D ayant acquis par des degrés successifs plus de fluide qu'il n'en avoit d'abord perdu, se trouve dans l'état positif.

Si l'on recommence l'opération, le pole D ayant un excès de fluide, sera moins évacué par l'action du pole A, que la premiere fois où il n'avoit que sa quantité naturelle; d'où il suit que pendant le passage de l'aimant sur les parties ultérieures CF, FG, &c, le pole D acquerra plus de fluide qu'il n'en avoit à la fin de la premiere opération; en sorte que plusieurs frictions successives augmenteront le magnétisme du barreau. Mais ces effets seront très-limités, parce que le pole A détruit continuellement presque tout le magnétisme qu'il avoit produit dans chaque

partie du barreau ; en forte que cette maniere d'aimanter, ainsi que l'atteste l'expérience, est peu avantageuse, & seulement un peu plus efficace que ne le feroit le simple contact du pole A, appliqué à l'extrêmité E du barreau. Car, comme ce pole, dans le cas d'une friction, agit immédiatement sur tous les points du fer, quoiqu'il produise à chaque point un effet contraire à celui qu'il avoit produit précédemment; cependant la somme de toutes les petites accumulations du fluide qui se porte vers D, à mesure que l'aimant, parvenu à une certaine distance de ce point, s'avance vers l'extrêmité E, cette somme, dis-je, est un peu au-dessus de l'effet unique, résultant du simple contact du pole A, qui n'agit alors immédiatement que sur un seul point du barreau, & demeure toujours éloigné du point opposé, de toute la longueur de ce barreau.

135. Si, après avoir aimanté un barreau par le procédé qui vient d'être décrit, on prend un second aimant plus foible que le premier, & qu'on le passe de la même maniere sur le barreau déja aimanté, celui-ci se trouvera avoir perdu une quantité sensible de sa force magnétique. Cet effet singulier, que Muschenbroeck a cité dans les Mémoires de l'Académie *Delcimento*, seconde partie, page 80, s'explique très-bien

dans les principes de la Théorie de M. Æpinus. Car, ſi l'extrêmité D, par exemple, étoit le pole poſitif du barreau, après les frictions du premier aimant, il eſt clair qu'en appliquant ſur D le pole poſitif du ſecond aimant, on détruit en partie l'effet du premier. La même choſe a lieu, par rapport à tous les autres points ſitués vers E. Il eſt vrai qu'à meſure que le ſecond aimant s'approche de E, il refoule de nouveau fluide vers D. Mais comme il a moins de force que le premier aimant, il repouſſe plus foiblement les molécules; en ſorte que le point D, ainſi que les ſuivans, ne recouvrent pas tout le fluide qu'ils avoient perdu, en vertu du paſſage immédiat de l'aimant ſur chacun d'eux (*a*). Le

---

(*a*) On pourroit objecter que, ſi le ſecond barreau, en allant de D vers E, n'eſt pas capable de faire entrer autant de fluide, par exemple, dans la partie DC, que le premier n'y en eût fait entrer, à l'aide du refoulement, comme, d'une autre part, il en avoit moins fait ſortir, il ſemble que tout ſe trouve compenſé. Mais cette compenſation n'a pas lieu. Car, ſuppoſons le fluide de la partie DC diviſé en dix portions, après un nombre quelconque de frictions faites par le premier barreau. Suppoſons de plus, qu'en reportant ſur DC le pole poſitif du barreau, on faſſe ſortir trois parties de fluide, & qu'en le faiſant enſuite gliſſer juſqu'en E, on faſſe rentrer cinq parties; le ſegment CD ſe trouvera avoir acquis deux parties, c'eſt-à-dire,

barreau perdra donc néceſſairement de ſa vertu, pendant les frictions du ſecond aimant.

Si cependant cet aimant avoit peu de dureté, & que le barreau lui-même fût d'un fer très-dur, & eût acquis une grande vertu par les frictions du premier aimant, il pourroit ſe faire que la force répulſive du pole D ſur le pole A fût telle, que celui-ci devînt négatif de poſitif qu'il étoit ; & alors les frictions du ſecond aimant, loin de détruire la vertu du barreau, ne pourroient que l'augmenter.

Si, au lieu d'un ſecond aimant, on employoit un barreau de fer mou non-aimanté, il eſt clair que le barreau acquerant auſſitôt une vertu négative dans le pole en contact avec D, il pourroit arriver la même choſe que dans le cas précédent, & il eſt ſingulier de dire qu'un barreau non-aimanté augmente, par ſes frictions, la vertu

---

les $\frac{2}{3}$ en ſurplus de ce qui étoit ſorti. Suppoſons maintenant qu'en plaçant ſur DC le pole poſitif du ſecond barreau, au lieu de celui du premier, on n'eût fait ſortir que deux parties de fluide au lieu de trois ; alors, pour que l'effet de la friction vers E ſe trouvât égal à celui de la friction du premier barreau, il faudroit qu'elle fît entrer quatre portions de fluide dans DC, c'eſt-à-dire, le double de ce qui ſeroit ſorti. Or, il eſt évident que le barreau n'a pas aſſez de vertu pour produire cet effet.

d'un barreau aimanté, tandis qu'il peut ſe faire qu'un véritable aimant la diminue.

136. On connoît un autre procédé beaucoup plus efficace, inventé par M. Micheli, & qui porte le nom de *méthode du double contact.* Voici en quoi il conſiſte. On prend deux barreaux aimantés AN, BQ (*fig.* 35), que l'on dreſſe verticalement à une petite diſtance l'un de l'autre, de maniere que leurs poles oppoſés ſoient tournés du même côté. Concevons que A ſoit le pole poſitif du barreau AN, & B le pole négatif du barreau BQ. Ayant placé ces deux barreaux ſur la verge DE que l'on ſe propoſe d'aimanter; en ſorte que leurs poles A, B, ſoient à égale diſtance des extrêmités D, E, on les fait gliſſer d'un bout à l'autre de cette verge, en les maintenant toujours écartés entr'eux de la même quantité, & ſans leur permettre de dépaſſer les extrêmités. Ainſi, quand le pole B, par exemple, eſt arrivé près du point E, on ramene les deux barreaux dans la direction oppoſée vers le point D, & on recommence comme la premiere fois. Lorſqu'après pluſieurs frictions, les barreaux ſe retrouvent vers le milieu de la verge DE, on les enleve ſuivant leur direction perpendiculaire à cette verge. Alors celle-ci ſe trouve beaucoup plus fortement aimantée que dans aucun des cas

précédens ; & cela de maniere qu'une moitié FE, ou à peu-près, de sa longueur, est dans l'état positif, & l'autre moitié DF dans l'état négatif, à moins que cette longueur ne soit telle, que la verge ait acquis des points conséquens.

Examinons plus en détail les effets que doit produire cette méthode. Soit *m* une molécule de fluide située vers le milieu F de la verge DE. Le pole positif A tend à repousser cette molécule, suivant la direction *mq*, tandis que le pole négatif B tend à l'attirer dans la même direction. Il en faut dire autant de toutes les autres molécules situées entre les poles AB. Concevons que les deux aimans soient portés vers E. A mesure qu'ils s'approchent de ce point, le fluide renfermé entre leurs poles, est sollicité à tendre vers cette extrémité; en sorte que les actions simultanées des deux poles A, B, conspirent à l'accumuler dans toute la moitié FE de la verge DE. Pendant le retour des deux aimans de E vers D, le fluide étant continuellement sollicité à se mouvoir dans la direction *mq*, il est clair que les parties situées vers D s'évacuent sans cesse, & que celles qui sont voisines de E continuent de se remplir.

Les poles A, B, agissent aussi sur les autres molécules, telles que *n*, *q*, qui ne sont pas

interceptées entr'eux ; par exemple, le pole A tend à repousser la molécule *n* vers D, & par conséquent nuit à l'effet général que l'on a en vue d'obtenir. Mais en même-temps le pole B attire cette molécule vers E ; si elle se trouvoit à égale distance des poles A, B, que l'on suppose de même force, elle ne seroit ni attirée, ni repoussée, & resteroit immobile ; en sorte que l'effet total n'en souffriroit aucune altération. Mais la molécule étant plus éloignée du pole B que du pole A, celui-ci a plus d'action sur elle ; en sorte qu'elle est repoussée vers D, en raison de la différence des forces de A & de B. Cependant, comme les deux poles sont à une petite distance l'un de l'autre, cette différence est peu considérable, & l'action des deux poles sur la molécule *n* ; (il en faut dire autant de cette action sur une autre molécule *q* située vers E), n'occasionne aucun changement bien sensible dans le fluide situé hors de l'intervalle de ces poles. Et, comme d'ailleurs cette action opere très-efficacement dans l'intervalle dont il s'agit, on conçoit comment cette méthode d'aimanter doit produire un grand effet sur la verge DE.

137. Il résulte de cette méthode un autre avantage précieux, qui consiste en ce que le centre magnétique se trouve précisément au milieu de la verge, ce qui est très-intéressant par rapport

aux

aux aiguilles de bouſſole. Cet effet provient, & de ce que les forces qui tendent à accumuler le fluide d'une part, ſont égales à celles qui tendent à le repouſſer de l'autre, & de ce que le nombre des frictions ſur les deux moitiés DF, FE de la verge, eſt le même pour l'une & l'autre, en ſuppoſant, comme nous l'avons dit, qu'après avoir conduit d'abord les aimans de F en E, on les ramene de D en F, pour terminer l'opération au point F.

138. La force des poles a néceſſairement une limite, paſſé laquelle on continueroit inutilement l'opération pour augmenter le magnétiſme de la verge DE. Cette limite a lieu, lorſque la force répulſive mutuelle des molécules qui ſe ſont accumulées dans la partie FE eſt telle, que l'action qu'elle exerce ſur la molécule *m*, par exemple, fait équilibre à la force qu'exercent les poles A, B, pour chaſſer cette molécule vers E.

139. On ſeconde l'action des poles A, B, en plaçant la verge DE entre deux aimans G, H, (*fig. 36*), dont les poles, qui regardent les extrêmités D, E, ſont dans un état contraire à celui que l'on ſe propoſe de produire dans ces mêmes extrêmités. On peut auſſi ſubſtituer aux aimans G, H, deux parallélipipedes de fer doux, qui produiront à peu-près le même effet. On en

conçoit aiſément la raiſon, d'après ce qui a été dit plus haut.

140. On a ordinairement au moins quatre barreaux, dont deux, ſavoir, GH, FE (*fig.* 37), que l'on ſuppoſe avoir déja un commencement de magnétiſme, ſont diſpoſés, comme le repréſente la figure, entre deux parallélipipedes de fer mou BA, DC; en ſorte que ſi G, par exemple, eſt le pole boréal du barreau GH, E doit être le pole auſtral du barreau EF. On prend les deux autres barreaux dont on ſe ſert, comme pour la méthode du double contact que nous avons expoſée plus haut, en les faiſant paſſer à pluſieurs repriſes, d'abord ſur toute la longueur d'un des barreaux GH, puis ſur celle du barreau FE; & enfin ſur les faces inférieures des mêmes barreaux, après avoir retourné ceux-ci. On conçoit que, dans cette opération, les parallélipipedes de fer doux, & celui des deux barreaux, que l'on n'aimante pas actuellement, contribuent à ſeconder l'action des deux barreaux que l'on tient à la main, par rapport à celui ſur lequel on opere.

On ſubſtitue enſuite les deux barreaux qui ont ſervi à aimanter les autres, à la place de ceux-ci, auxquels on fait faire la même fonction, en les employant pour augmenter la vertu des deux premiers, & ainſi de ſuite; en ſorte que les

aimans pris deux, à deux ſe ſuccedent les uns aux autres, juſqu'à ce qu'ils aient acquis tout le magnétiſme dont ils ſont ſuſceptibles, après quoi l'on s'en ſert pour aimanter des aiguilles de bouſſoles, & autres corps de la même nature.

141. L'avantage de la méthode du double contact dépend, comme on l'a vu, de ce que les particules interceptées entre les poles A, B, (*fig.* 35), éprouvent, de la part de ces poles, deux actions ſimultanées, qui concourent à l'effet que l'on ſe propoſe d'obtenir, tandis que les particules ſituées hors de l'intervalle des mêmes poles, ne ſont ſollicitées que par de très-petites forces contraires à l'action des deux poles, relativement au but général de l'opération. Il ſemble d'abord, que la poſition la plus favorable que l'on puiſſe donner aux aimans AN, BQ, pour produire un très-grand effet, ſoit celle où les poles A, B, ſeroient le plus rapprochés qu'il eſt poſſible l'un de l'autre. Car, dans ce cas, chacun des deux poles étant très-voiſin de la molécule *m*, ſon action ſur cette molécule paroît devoir être très-puiſſante. D'une autre part, nous avons vu (136), que plus les poles A, B étoient rapprochés, & moins l'action perturbatrice qu'ils exerçoient ſur les molécules *n*, *q*, étoit ſenſible.

Mais il s'en faut bien que ce raiſonnement ſoit exact. Obſervons en effet, que la force d'un

barreau magnétique agit diverſement des différens points de ce barreau; par exemple, la partie inférieure du barreau AN, étant dans l'état poſitif, tandis que la partie ſupérieure eſt dans l'état négatif, il eſt clair que les actions des deux parties ne ſont pas inhérentes aux points A, N, mais qu'elles ſont composées d'une multitude d'actions particulieres, qui partent des différens points du barreau. Or, toutes ces actions, d'après les principes de la ſtatique, peuvent être conſidérées, comme réduites en une ſeule qui feroit leur réſultante. Suppoſons donc que *r*, *s*, ſoient les deux points dans leſquels toutes ces actions ſont cenſées être réunies. Nous appellerons dans la ſuite ces points *les centres d'actions*. Cela poſé, il faut conſidérer les forces des deux barreaux AN, BQ, comme ſi elles agiſſoient des points *r*, *s*, ſuivant les lignes *rm*, *sm*, qui feront néceſſairement obliques par rapport à la longueur DE du barreau. Dans ce cas, chacune des forces ſe décompoſe en deux autres, l'une perpendiculaire ſur DE, l'autre parallele à cette même ligne; or, la force qui agit, ſuivant la premiere direction, ne pouvant contribuer au mouvement de la molécule *m* vers E, il n'y a que la force parallele à DE, qui tende à produire l'effet que l'on a en vue d'obtenir.

Prolongeons indéfiniment les lignes *rm*, *ms* (*fig. 38*), & prenons ſur ces lignes ainſi prolongées, les parties *mt*, *mp*, égales entr'elles, & qui ſoient cenſées repréſenter les forces, ſuivant *rm*, *sm*. Si l'on termine le parallélogramme *mtpq*, la diagonale *mq* de ce parallélogramme repréſentera l'action des deux forces, ſuivant *rm*, *ms*, relative au but de l'opération.

Or, il eſt évident que cette diagonale croît à meſure que l'angle *rms* des deux forces devient plus ouvert. Mais en même-temps les diſtances *r*, *s*, des centres d'actions augmentent; d'où il ſuit que les deux forces diminuent à cet égard, & que la force réelle, repréſentée par la partie de la direction *mq* qui lui eſt proportionelle, décroît auſſi ſous même rapport; en ſorte qu'à une diſtance infinie, chacune des deux forces *rm*, *ms*, étant réduite à zéro, la force repréſentée par la diagonale, eſt elle-même zéro. D'une autre part, plus la diſtance entre les points *r*, *s*, eſt petite, plus, à cet égard, les deux forces augmentent. Mais en même-temps leurs directions devenant plus oppoſées à celle de la diagonale, la force, repréſentée par cette diagonale, diminue; en ſorte qu'elle devient nulle dans le cas où les deux centres *r*, *s*, ſont cenſés ſe confondre en un ſeul point.

On voit donc qu'il y a, par rapport à l'angle

rms, une certaine mesure moyenne, qui donne pour la force dont il s'agit, la plus grande valeur possible. Cette mesure dépend de la loi suivant laquelle agit le fluide magnétique, à raison des distances. M. Æpinus suppose que cette action est simplement en raison inverse des distances, & il trouve que la force qui agit dans la direction *mq*, est la plus grande possible, lorsque *rf* est égale à *fm*, c'est-à-dire, lorsque l'angle *rms* est droit (*a*).

(*a*) Ceux qui possedent les premiers élémens de la Géométrie, ne feront peut-être pas fâchés de trouver ici une démonstration fort simple de ce cas, que j'ai substituée à celle que M. Æpinus donne par le calcul différentiel. Elle servira à leur faire mieux concevoir en quoi consiste le *maximum* de force dont il s'agit. Soient *rm*, *op*, *gu*, &c. (*fig.* 39), plusieurs positions successives d'un des barreaux, dont on suppose le centre d'action aux points *r*, *o*, *g*, &c. Du milieu C de *rm*, traçons la demi-circonférence *rzm*; menons les lignes *mo*, *mg*, &c, & par les points *a*, *b*, &c, où ces lignes coupent la demi-circonférence, faisons passer *ak*, *bx*, &c, perpendiculaires sur le diametre *rm*. Menons enfin les cordes *ra*, *rb*, &c, qui seront évidemment perpendiculaires sur *mo*, *mg*, &c.

Les forces étant supposées agir en raison inverse des distances, la force au point *r* est à la force au point *o*, comme *om* est à *rm*. Mais dans le triangle rectangle *rom*, *rm* est moyenne proportionnelle entre *om* & *am*,

Mais M. Coulomb a prouvé, ainſi qu'on le verra plus bas, que le magnétiſme agit comme l'électricité (39), c'eſt-à-dire, en raiſon inverſe des quarrés des diſtances. J'ai cherché quel étoit dans ce cas le *maximum* de la force ſuivant *mq*, & j'ai trouvé qu'il avoit lieu lorſque la ligne *fm* étoit à la ligne *rf*, dans le rapport du côté du quarré à la diagonale, c'eſt-à-dire, lorſque l'angle *rms* étoit de $70^d \frac{1}{2}$ à peu-près (*a*). Cet

---

d'où il ſuit qu'à la place du rapport *om* eſt à *rm*, on peut ſubſtituer le rapport *rm* eſt à *am*. Donc, ſi l'on repréſente maintenant par *rm* la force au point *r*, celle au point *o* ſera repréſentée par *am*. On prouvera de même à l'aide du triangle rectangle *rgm*, que la force au point *g* eſt repréſentée par *bm*. Mais la force *am*, par exemple, étant oblique, ſe décompoſe en deux directions, l'une *km*, l'autre *ak*, & la ſeule qui agiſſe pour faire avancer la molécule *m* vers *n*. Par une raiſon ſemblable, la force *bm*, relativement au même effet, ſe réduit à *bx*. Or, tous les points *a*, *b*, &c, étant ſur la circonférence d'un cercle, il s'enſuit que la plus grande force ſera le rayon *cz*; ce qui a lieu lorſque l'angle *rmi* ou *rmz* eſt de 45^d.

(*a*) La véritable valeur de cet angle eſt $70^d, 31', 44''$. Tel eſt le réſultat que m'a donné directement le calcul différentiel. On pourroit auſſi le déduire des propriétés du cercle par la Géométrie ſimple. Car en raiſonnant comme ci-deſſus, & en ſubſtituant à la place des lignes *om*, *rm*, &c, leurs quarrés $\overline{om}^2$, $\overline{am}^2$, &c, on trouvera que la force oblique eſt ici repréſentée par $\overline{am}^2$,

angle ne peut être déterminé que par le calcul. Mais on conçoit, à l'aide de la seule raison, qu'il doit être sensiblement moindre que celui de 90^d, qui a lieu pour le cas du rapport inverse des simples distances. Car, dans l'autre cas, les forces décroissant en plus grand rapport, doivent atteindre plutôt la limite qui donne leur *maximum*; en sorte que les positions d'où dépendent cette limite, interceptant un espace plus resserré,

---

ou $\overline{bm}^2$, &c, au lieu de l'être simplement par *am* ou *bm*. Or, dans ce dernier cas, la force réelle est à son *maximum*, lorsque le produit *mk* par *kr* des deux parties du diametre est le plus grand possible, c'est-à-dire, lorsque *mk* égale *kr*; ce qui a lieu au centre C. Mais, à cause du triangle rectangle *mar*, *am* est moyenne proportionnelle entre *mk* & le diametre *mr*, qui est une constante; d'où il suit que le quarré de la force oblique croît & décroît comme *mk*. Donc, lorsque la force oblique est égale au quarré même de *am*, comme dans le cas présent, le produit *mk* par *kr*, devient $\overline{mk}^2$ par *kr*. Or, ce produit est le plus grand possible, lorsque *mk* est double de *kr*, comme il est aisé de le sentir, en faisant l'opération sur des nombres. Par exemple, le plus grand produit du quarré d'une des parties de 12 par l'autre partie, a lieu, lorsque ces deux parties sont 8 & 4; ce qui donne quatre fois 64, ou 256 pour le *maximum* cherché. Maintenant le cas où *mk* est double de *kr*, est aussi celui où *mk* est à *ak*, comme la diagonale du quarré est au côté. Donc, &c.

l'angle dont les côtés s'étendent aux extrémités de cet eſpace, doit par-là même ſe trouver plus petit.

Il ſuit encore des expériences & des calculs du ſavant Académicien que nous venons de citer, que dans un barreau de 25 pouces de longueur, les centres d'action des poles ſont à environ dix lignes de diſtance des extrêmités. Or, en ſuppoſant que les deux barreaux AN, BQ (*fig.* 35), aient cette dimenſion, & en négligeant l'action du pole ſupérieur, qui eſt peu ſenſible, parce qu'elle s'exerce très-obliquement ſur la molécule *m*, on trouve que le *maximum* de force a lieu, lorſque les deux barreaux ſont écartés l'un de l'autre d'un peu plus de 14 lignes.

Il faut donc reconnoître que la méthode du double contact, telle que l'ont employée MM. Micheli & Canton, quoique préférable à toutes celles qui avoient été imaginées juſqu'alors, a un défaut eſſentiel. Car, comme en faiſant uſage de cette méthode, on eſt obligé de tenir les poles A, B, à une certaine diſtance, pour ne pas trop affoiblir leur vertu, il arrive delà que les parties des forces qui agiſſent ſur les molécules *n*, *q*, & qui tendent, ainſi qu'on l'a vu, à détruire l'effet principal de l'opération, conſervent toujours une quantité ſenſible de leur action perturbatrice.

142. On peut vérifier ceci par l'expérience,

en prenant deux barreaux magnétiques, que l'on placera perpendiculairement sur une des faces d'un autre barreau DE (*fig.* 40), qui soit de fer mou, de maniere que A par exemple, étant le pole positif d'un des aimans, B soit le pole négatif de l'autre. Il est évident que, dans cette circonstance, chacun des poles A, B, tend à communiquer à la partie du barreau DE, qui est en contact avec lui, un magnétisme contraire au sien, & que parconséquent il exerce une force attractive sur cette partie. Or, la quantité de magnétisme acquise par les parties GF, FH, situées sous les poles A, B, dépendant, jusqu'à un certain point, de la distance des centres d'action, l'attraction de ces mêmes poles sur le barreau DE, dépend aussi de cette distance. Cela posé, si l'on tient d'abord les deux barreaux en contact l'un avec l'autre, & qu'on les écarte ensuite peu-à-peu, on observera que leur force attractive, par rapport au barreau, qui d'abord étoit presque nulle, croîtra jusqu'à une certaine limite, passé laquelle elle ira en diminuant.

143. M. Æpinus a imaginé un moyen pour perfectionner la méthode du double contact, & en augmenter notablement l'effet. Nous avons vu que, dans le cas où les centres d'action étoient placés en *r* & en *s*, (*fig.* 35), l'angle *rms* le plus favorable, étoit celui de $70^d \frac{1}{2}$ (141).

Mais, ceci suppose que l'on n'est pas maître de rapprocher ces centres, de la verge DE, c'est-à-dire, que les barreaux AN, BQ, conservent une position verticale. Car, il est clair que si, par quelque moyen, on pouvoit ramener les centres d'action plus près de DE, en conservant la même longueur aux barreaux AN, BQ, l'action des deux poles sur la molécule *m*, augmenteroit toujours de plus en plus. Alors en effet, la partie *fm*, ou *mh* (*fig.* 38), qui représente l'action des poles, deviendroit toujours plus grande, à proportion de la partie *rf*, *sg*, qui représente la force perdue; en sorte que si les centres d'action se trouvoient sur la même ligne que le point *m*, l'action des poles sur la molécule *m* seroit à son *maximum*. Cela posé, concevons que l'on incline les barreaux AM, BN, (*fig.* 41), de maniere que les centres d'action *r*, *s*, décrivent les arcs *r*R, *s*S; il est clair qu'alors les centres se rapprocheront de la verge ED, d'où il suit que, dans cette position, l'action des barreaux sur la molécule *m* s'accroîtra considérablement. Cette méthode permet de rapprocher les poles A, B, beaucoup plus que celle de MM. Micheli & Canton, puisque l'on n'a plus à craindre que cette proximité n'altere les forces simultanées des barreaux sur la molécule *m*.

Mais de plus, un grand inconvénient de la

méthode du double contact, consiste en ce que l'attraction & la répulsion des centres d'action sur les molécules n, q, tendent à détruire l'effet principal. Or, la méthode de M. Æpinus pare encore, en grande partie, à cet inconvénient. Car les centres r, s, venant à dépasser les molécules situées vers n, p, pendant l'inclinaison des barreaux, l'action de ces centres s'exerce alors sur les molécules dont il s'agit, dans les mêmes directions que sur la molécule m, & concourt ainsi au succès de l'opération, au lieu d'y faire obstacle.

Pour procéder suivant cette méthode que M. Æpinus appelle *Méthode du double contact corrigée*, il ne s'agit donc que d'incliner les barreaux magnétiques ML, IK, comme on le voit (*fig.* 42), en laissant simplement entre leurs poles une distance de quelques lignes, & de maniere qu'ils fassent avec la verge EF un petit angle de 15 ou 20 degrés. Du reste, on opere comme par la méthode du double contact. La comparaison des effets produits successivement par l'une & l'autre méthode, à l'aide des mêmes barreaux, conspire, avec la Théorie, à prouver la supériorité de la seconde.

144. Il semble d'abord qu'il seroit encore plus avantageux de coucher tout-à-fait les barreaux ML, IK, sur la verge EF, puisqu'alors l'effet

des centres d'action feroit le plus grand possible. Mais il faut observer que dans ce cas, les poles L, E, (& il en faut dire autant des poles K, F), se trouveroient en contact, à chaque friction; &, comme ces poles ont un magnétisme homogene, le pole L tendroit à détruire le magnétisme déja communiqué au pole E, & ainsi des deux autres poles; au lieu que si l'on écarte ces poles d'une certaine quantité, cette cause destructive devient peu sensible.

145. Ce qui précéde nous conduit à une remarque importante sur les aimans naturels garnis d'une armure. Car, si un pareil aimant, que l'on suppose être d'une bonne qualité, a une telle longueur, que les poles de son armure soient à une distance beaucoup plus grande ou plus petite, l'un à l'égard de l'autre, que ne l'exige le cas du *maximum*, on conçoit que cet aimant n'acquerra point, à l'aide de l'armure, une vertu aussi considérable qu'on eût pu l'espérer. Au contraire, un aimant d'une moindre qualité, mais qui auroit une juste longueur, pourra acquérir, proportion gardée, plus de vertu que le précédent, par le moyen de l'armure. C'est probablement delà que viennent, du moins en partie, les phénomenes singuliers que l'on a observés en armant des aimans naturels, & dont on lit le détail dans les différens Auteurs qui ont écrit sur le magnétisme.

146. Il ſuit encore de ce qui a été dit plus haut, que la force des aimans faits en forme de fer-à-cheval, dépend beaucoup de leur courbure, puiſque celle-ci détermine l'écart des poles C, D, (*fig. 43*), que l'on n'eſt plus le maître de faire varier. Or, comme les centres d'action de ces poles ſont très-rapprochés des extrêmités (141), & que l'angle le plus favorable ſous lequel agiſſent les directions des forces qui partent des centres d'action, eſt un angle aigu de $70^{d}\ \frac{1}{2}$, il en réſulte que l'écart qui donne le *maximum* d'action doit être peu conſidérable à proportion de la longueur des branches. Mais ce rapport ne peut gueres être déterminé avec préciſion, que par l'expérience.

147. Voici ce que preſcrit l'Auteur, pour aimanter fortement un fer courbé en fer-à-cheval. Après avoir couché ce fer à plat ſur une table, placez à ſes extrêmités C, D (*fig. 43*), les deux poles oppoſés de deux barreaux aimantés AC, BD, de maniere que les longueurs de ceux-ci ſoient perpendiculaires aux branches du fer-à-cheval, comme le repréſente la figure. Soit C le pole boréal de AC, & D le pole auſtral de BD. Prenez deux autres barreaux fortement aimantés EF, GH, & après les avoir diſpoſés, comme pour la méthode corrigée du double contact, placez leurs poles E, G, ſur le milieu du fer-à-

cheval, & faites gliſſer les deux barreaux ſur toute l'étendue de ſa courbure, en allant de C vers D, & de D vers C, préciſément comme ſi CKD étoit un barreau droit. Ramenez enfin les barreaux EF, GH, ſur le milieu K de la courbe, pour terminer là l'opération, & répétez les mêmes frictions ſur la face oppoſée du fer-à-cheval.

148. Ordinairement on diſpoſe les deux barreaux AC, BD, parallélement l'un à l'autre, comme on le voit (*fig.* 44). Mais il eſt plus avantageux de leur donner la ſituation reſpective repréſentée par la *fig.* 43. Car, ſoit C le pole poſitif de l'aimant AC (*fig.* 44), & D le pole négatif de l'aimant BD. Le pole C agit ſur la molécule *m* pour la repouſſer; mais le pole D agit ſur la même molécule pour l'attirer. Concevons que le centre d'action du barreau BD ſoit en *g*. La molécule *m* ſera attirée par ce centre, ſuivant *gm*; mais cette action ſe décompoſe en deux autres; l'une, ſelon *mn*, l'autre, ſelon *mq*. Or, celle-ci eſt directement oppoſée à l'action du pole C ſur la molécule *m*. Il en faut dire autant des molécules ſituées dans la branche DK, à l'égard deſquelles l'action attractive du pole D eſt diminuée par une partie de la force répuſive du pole C. Or, plus l'angle *gmq* eſt conſidérable, & plus la force perturbatrice, repréſentée par *mq*,

eſt petite. Donc, ſi l'on ſuppoſe qne cet angle augmente juſqu'à ce que les deux lignes *mq*, *mg*, ſe trouvent ſur la même direction, ce cas ſera celui où la force perturbatrice ſe trouvera à ſon *minimum*. Or, il eſt clair que l'on obtient cette condition, en diſpoſant les bareaux AC, DB, comme dans la fig. 43. Donc, &c.

V. De la loi que ſuit l'action du fluide magnétique, à raiſon des diſtances.

149. La facilité avec laquelle on explique les principaux effets que préſentent les corps aimantés, en admettant, pour la Théorie du Magnétiſme, les mêmes principes fondamentaux que pour celle de l'Électricité (100), nous ſuggere déja une raiſon d'analogie, qui nous porte à croire que le fluide magnétique ſuit la même loi que le fluide électrique, à raiſon des diſtances. Mais, comme en Phyſique, les preuves directes ſont toujours préférables de beaucoup à celles qui ſe tirent de la ſeule analogie, M. Coulomb s'eſt propoſé de rechercher ſi l'expérience donneroit pour le fluide magnétique les mêmes réſultats qu'il avoit obtenus par rapport au fluide électrique, à l'aide de la balance dont nous avons donné la deſcription (39).

150. Mais il faut observer que les épreuves relatives au magnétisme, exigeoient une recherche préliminaire, qui étoit inutile à l'égard des expériences faites sur la maniere d'agir du fluide électrique. Dans ces dernieres expériences, les corps qui s'attirent ou se repoussent, sont d'une forme globuleuse. Or, on fait que quand des corps de cette forme s'attirent ou se repoussent, en raison inverse du quarré des distances, leurs actions s'exercent, comme si toute leur matiere étoit réunie au centre (*a*). Mais dans les expériences magnétiques, ce sont des barreaux ou des aiguilles que l'on emploie, c'est-à-dire, des corps allongés; & alors il faut des expériences particulieres, pour déterminer les points dans lesquels les forces, qui s'exercent de toutes les différentes parties de ces corps, sont censées être concentrées (*b*).

(*a*) Les parties situées entre le centre de chaque corps & l'autre corps, s'attirent ou se repoussent plus que les centres, & ceux-ci plus que les parties ultérieures. Or, dans le cas de la raison inverse du quarré des distances, il y a compensation entre les actions plus fortes & plus foibles que celles qui partent du centre; en sorte que leur somme est la même que si toutes les parties agissoient du centre.

(*b*) Ces points sont les mêmes que nous avons déja appellés *les centres d'action*.

151. Nous donnerons ici une idée du procédé à l'aide duquel M. Coulomb a déterminé les points dont il s'agit. Ce Physicien suspendit à un fil de soie une aiguille magnétique de trois pouces de longueur. On sait en général qu'une aiguille ainsi suspendue fait d'abord différentes oscillations, qui vont toujours en diminuant, jusqu'à ce qu'enfin elle s'arrête sur une ligne dirigée à peu-près du midi au nord, & que l'on appelle *méridien magnétique*. Nous donnerons dans la suite des détails plus étendus sur cette direction, dont nous exposerons la cause. Quand l'aiguille se fut arrêtée, M. Coulomb traça son méridien magnétique *au* (*fig.* 45); il tira sur ce méridien des perpendiculaires *bc*, *df*, &c. à la distance d'un, de deux, de quatre, de huit & de seize pouces, comme le représente la figure.

Il prit ensuite un fil d'acier bien aimanté, de vingt-cinq pouces de longueur, & l'appliqua successivement sur ces différentes perpendiculaires. Alors l'aiguille se dérangeoit de sa position, & n'y revenoit que quand le fil d'acier lui-même avoit pris une certaine situation. Car supposons par exemple, que SN représente ce fil couché sur la perpendiculaire *uz*, de maniere que ses extrêmités S, N, soient toutes les deux en deçà du méridien magnétique du côté de *z*. Soit *n* le pole négatif

de l'aiguille, *a* son pole positif, *n* le centre d'action du pole positif S du fil d'acier, & x' celui du pole négatif N. D'une part, l'action de x attire le pole *n* de l'aiguille, & repousse le pole *a* (108), & ces actions concourent pour faire tourner l'aiguille suivant l'arc *np*. Mais d'une autre part, l'action de x' repousse le pole *n* de l'aiguille & attire le pole *a*, & ces actions conspirent aussi à faire tourner l'aiguille, mais en sens contraire, c'est-à-dire, suivant l'arc *nk*. Or, les poles x, x', agissant suivant des directions & avec des forces différentes, il arrive que, selon les diverses positions qu'on leur fait prendre, & les diverses distances auxquelles on les place à l'égard de l'aiguille, tantôt la force du centre x l'emporte sur celle du centre x', tantôt ces deux forces sont égales, & tantôt la derniere devient prépondérante.

M. Coulomb, pour premiere épreuve, fit glisser le fil SN sur la premiere perpendiculaire *bc*, en allant de *c* vers *b*, jusqu'à ce que l'aiguille se trouvât ramenée sur son méridien magnétique, & il observa qu'alors le fil dépassoit le méridien, vers *b*, d'une quantité *eS* égale à environ dix lignes. Le fil, transporté ensuite sur la seconde perpendiculaire *df* ne dépassoit plus le méridien, dans le même cas, que de neuf lignes; sur la troisieme perpendiculaire *eg*,

il dépassoit le méridien de huit lignes ; sur la quatrieme *il*, il restoit en deça vers *l*, à la distance *hS* de quatre lignes ; enfin, sur la cinquieme perpendiculaire *mz*, il restoit plus en deçà, à la distance *uS* de quarante-deux lignes. Examinons, d'une maniere plus particuliere, les résultats de ces différentes épreuves.

Dans la premiere, il est aisé de concevoir que l'action de la partie *eS*, du fil d'acier, qui s'exerce en sens contraire de celle de la partie *ge* (le centre magnétique étant supposé en *g*), concourt avec l'action de la partie *g*N, pour faire tourner l'aiguille suivant l'arc *nk*, & que par conséquent ces deux actions réunies font équilibre à l'action de la partie *eg* ; donc la partie *eS*, considérée seule, agit plus foiblement que la partie *eg* ; d'où il suit que le centre d'action du pole positif, est situé dans quelque point *x*, entre *e* & *g*.

Remarquons maintenant que l'action de chaque pole de l'aimant s'exerçant obliquement, par rapport à la longueur de l'aiguille, se décompose en deux directions, l'une parallele à l'aiguille, l'autre parallele aux perpendiculaires *bc*, *df*, &c. & qui seule contribue à faire tourner l'aiguille. La force que chaque centre exerce sur l'aiguille, dépend donc à-la-fois de la longueur du levier, par lequel elle est censée agir parallélement aux perpendiculaires *bc*, *df*, & de la distance

du même centre aux poles de l'aiguille. Or, à mesure que l'on transporte le fil d'acier successivement sur les perpendiculaires *df*, *eg*, *il*, &c. en leur donnant les positions représentées par la figure, les obliquités des actions exercées par les centres x, x', suivant xn, $x'n$, &c, approchent d'autant plus de l'égalité, c'est-à-dire, que celle du pole x diminue, & que celle du pole x' augmente; & à cet égard ce dernier pole perd continuellement de l'avantage qu'il avoit d'abord sur le pole x, à raison de son action plus directe. Mais, d'une autre part, les distances de x & de x', aux poles de l'aiguille, approchent aussi d'autant plus d'être égales, & comme elles augmentent toutes les deux en même-temps, le centre x perd, à cet égard, de l'avantage qu'il avoit sur le centre x'. Or, les avantages & les pertes se balancent, suivant un tel rapport, que la force du centre x' augmente continuellement, à l'égard de celle du centre x; toutes choses égales d'ailleurs. Car, puisque le fil d'acier, placé sur la perpendiculaire *eg*, par exemple, ne depasse plus le méridien que de huit lignes, lorsque l'aiguille reste sur ce méridien, il s'ensuit que la partie excédante *t*S, qui, conjointement avec la partie gN, fait équilibre à la partie *tg*, n'a plus besoin d'être aussi longue, ou d'exercer une action

aussi forte ; & que par conséquent le centre x' a acquis un accroissement de force.

Cette force continuant de tendre vers l'égalité avec la force du centre x, il y a un terme où ces deux forces se font équilibre, & ce terme est nécessairement entre t & h, en sorte que le fil d'acier, placé sur une perpendiculaire menée à la hauteur correspondante, auroit son extrémité S contiguë au méridien magnétique.

Au-dessous de ce terme, la force du centre x' l'emporteroit sur celle du centre x, si on laissoit le point S sur le méridien, de maniere qu'il faut alors l'en écarter vers le point l, ou le point z, pour que l'aiguille reste sur son méridien.

Cet écart est de quarante-deux lignes sur la perpendiculaire uz, d'où il suit que, pendant le cours des différentes épreuves, le point S, qui étoit d'abord à dix lignes au-delà du méridien, a parcouru cinquante-deux lignes de gauche à droite, c'est-à-dire, près de quatre pouces & demi. Or, la quantité de cet écart suppose que les rapports des forces ont varié considérablement dans le même temps. Mais on conçoit que ces variations doivent être en général d'autant plus sensibles, que les centres x, & x', sont à une plus grande distance l'un de

l'autre. Car s'ils étoient très-voisins, l'angle xnx' ne variant que très-peu, pendant le mouvement du fil d'acier sur les différentes perpendiculaires, les obliquités des actions de x & de x', ainsi que les rapports des distances de ces points aux poles de l'aiguille, ne subiroient que de légers changemens, au lieu qu'en supposant les points x, x', très-écartés l'un de l'autre, comme le représente la figure; on voit, par la seule inspection de cette figure, que l'angle xnx' étant considérablement diminué, lorsque le fil d'acier est sur la perpendiculaire uz, les obliquités des forces & leurs distances, qui dépendent des variations de cet angle, sont changées elles-mêmes dans un grand rapport. Le raisonnement insinue donc & que les points x, x' sont très-rapprochés des extrêmités S, N, & que les forces de ces points varient plus que dans la raison inverse des simples distances.

Le calcul va plus loin & change cette conjecture en certitude. M. Coulomb, en supposant que les centres x, x', soient distans des points S, N, d'un peu plus de dix lignes, & que les forces de ces centres agissent en raison inverse du quarré des distances, démontre que les résultats du calcul s'accordent parfaitement avec ceux que donne l'observation, rélativement aux diverses positions qu'il faut faire prendre au fil

d'acier sur les différentes perpendiculaires, pour que les forces x, x', soyent en équilibre par rapport à l'aiguille (*a*).

152. Les expériences que nous venons d'exposer, conduisent donc en même-temps à deux résultats importans; elles déterminent la position des centres x, x', & font connoître la loi suivant laquelle agit le fluide magnétique, à raison des distances. Mais pour rendre la demonstration encore plus rigoureuse, M. Coulomb a séparé ensuite ces deux résultats, & supposant seulement que les centres d'action étoient, dans un fil d'acier de vingt-cinq pouces, à un peu plus de dix lignes de distance de ses extrémités, il a cherché directement, par des procédés très-ingénieux, si ce fil agiroit en raison inverse du quarré de la distance aux centres d'action. Nous n'exposerons ici que celui de ces procédés, qui

---

(*a*) M. Coulomb suppose, pour la commodité du calcul, que les centres d'actions des deux poles de l'aiguille, sont situés à ses extrémités, quoiqu'ils s'en écartent un peu. Mais comme chaque centre du fil d'acier agit sur les deux centres de l'aiguille, si, par la supposition, on fait le centre n trop près du centre S, de deux ou trois lignes, on fait en même-temps le centre a de l'aiguille trop éloigné du centre N d'une égale quantité, d'où il arrive que les deux erreurs se compensent sensiblement l'une l'autre.

consiste à employer une balance magnétique, semblable à la balance électrique ; avec cette différence, que M. Coulomb substitue au levier, qui porte la balle mobile de moëlle de sureau, une longue aiguille magnétique de vingt-cinq pouces de longueur, & à la balle fixe, une seconde aiguille pareille, & placée verticalement sur le méridien magnétique. Le pole inférieur de cette derniere aiguille est dans le même état que le pole de l'aiguille mobile, qui en est voisin, lorsque celle-ci est dans son méridien magnétique, & l'aiguille fixe est située de maniere que, quand on met l'autre en contact avec elle, les extrémités des deux aiguilles se dépassent mutuellement de dix lignes, c'est-à-dire, qu'elles se croisent par les centres d'action de leurs poles de différens noms.

Remarquons, avant d'aller plus loin, que quand on tord, sous un certain angle, le fil de suspension, qui porte l'aiguille mobile dirigée suivant son méridien magnétique, la même force, qui la retenoit dans ce méridien, tend à l'y ramener. Il étoit nécessaire d'évaluer cette force, & M. Coulomb a trouvé que si l'on tordoit le fil de suspension successivement sous des angles de 36^d, 72^d, 108^d, &c. en doublant, triplant, quadruplant, &c. le nombre 36, l'aiguille qui réagissoit contre cette torsion, s'éloignoit de son

de 840^d, d'où il ſuit que la force répulſive des deux aiguilles doit être eſtimée 840^d.

Les choſes étant dans cet état, le fil de ſuſpenſion a été tordu de trois cercles, en allant de l'aiguille mobile vers l'aiguille fixe, en ſorte que ſi l'on ſuppoſe, par exemple, que l'aiguille mobile eut la direction *ok*, l'arc *kn* étant de 24^d, la torſion s'eſt faite ſuivant l'arc *knp*. Cette torſion produite en ſens contraire de l'action qui tenoit l'aiguille écartée de 24^d du méridien, a ramené celle-ci à 17^d du même méridien, ſuivant une direction *oy*. Or trois cercles font 1080^d; dont il faut retrancher les 17^d d'écartement, ou l'arc *ny*, parce que ces 17^d produiſoient dans le fil une petite torſion qui, étant en ſens oppoſé à celle de 1080^d, la diminue d'autant. Ainſi la torſion réelle eſt de 1063^d.

Mais la force qui tendoit à ramener l'aiguille ſur le méridien, dans le cas d'un écartement de 24^d, équivaloit à une torſion de 840^d. Ajoutant donc à cette quantité la torſion réelle de 1063^d, qui agit dans le même ſens, ſuivant l'arc *knp*, on a 1903^d pour la ſomme des deux forces contraires à la répulſion exercée par l'aiguille fixe. Mais il y a eu 7^d de cette répulſion, qui ont été détruits par les actions des

deux forces citées, puiſque l'aiguille a été ramenée de 24^d à 17^d. Donc, pour avoir la force à laquelle celle de l'aiguille fixe fait équilibre dans la ſeconde épreuve, il faut retrancher de 1903^d, ſept fois 35^d, ou 245^d : reſte 1658^d qui expriment la force répulſive mutuelle des deux aiguilles.

Les forces répulſives ſont donc, dans les deux épreuves, comme 840 eſt à 1658, rapport qui approche beaucoup de celui d'$\frac{1}{2}$ à 1. Mais les diſtances étant comme 24 & 17, la raiſon inverſe de leurs quarrés eſt $\frac{1}{576}$, $\frac{1}{289}$, qui approche auſſi de très-près du rapport $\frac{1}{2}$ à 1. La différence qui ſe trouve entre ces deux rapports, ne peut être attribuée qu'à un petit défaut de préciſion inévitable dans ces ſortes de réſultats. Ainſi, l'on doit conclure de l'expérience citée, ainſi que de pluſieurs autres du même genre, qui ont eu un pareil ſuccès, que l'action du magnétiſme eſt en raiſon inverſe du quarré des diſtances. On peut auſſi, par un procédé analogue au précédent, prouver que les attractions ſuivent la même loi (*a*).

(*a*) Nous devons obſerver ici que M. Æpinus a ſuppoſé quelquefois dans les calculs employés pour déterminer certains réſultats de ſa Théorie, que le fluide magnétique agiſſoit en raiſon inverſe du quarré

VI. *De la vertu magnétique du globe terrestre.*

153. Une des différences les plus remarquables entre l'électricité & le magnétisme, est celle que nous offre la comparaison des effets spontanés & purement naturels de l'un & l'autre fluide, du moins de ceux qui sont très-sensibles pour nous. Les phénomenes de ce genre, qui dépendent du fluide électrique, sont pro-

des distances. Mais ce n'étoit dans l'esprit de l'Auteur qu'une supposition purement arbitraire, qu'il n'a même hasardée qu'en avertissant que son intention n'étoit pas de donner la loi dont il s'agit, pour la véritable loi du magnétisme; mais de parvenir à des résultats conformes, en un certain sens, aux effets naturels, puisqu'on en obtiendra toujours qui seront analogues à ces effets, quelle que soit la loi que l'on admette pour le magnétisme, pourvu que son action décroisse lorsque la distance augmente. Aussi, le même Physicien suppose-t-il dans un autre endroit (141), comme nous l'avons vu, que le fluide magnétique agit en raison inverse des simples distances. Sa Théorie n'a donc pu être, à cet égard, d'aucun secours à M. Coulomb, & ce Savant conserve tout le mérite d'une découverte à laquelle il a été conduit à la fois par des expériences absolument neuves, & par des calculs qui portent sur une base réelle.

duits par des explosions locales & passageres ; lorsque ce fluide, mis en action dans l'atmosphere, à l'aide de causes qui nous sont encore inconnues, se manifeste par des éclairs redoublés & par le bruit de tonnerre, ou nous donne le spectacle à-la-fois brillant & paisible d'une aurore boréale. L'action du magnétisme, au contraire, émane sans cesse ; quoique sourdement, du sein de notre globe, & étend au loin sa influence, par des effets très-marqués, & susceptibles d'être soumis à des observations suivies & comparables entr'elles. C'est ici, sans contredit, le point de vue le plus intéressant de la théorie, soit que l'on considére la généralité du phénomene à la considération duquel elle s'éleve, ou les ressources dont l'homme lui est redevable, depuis que, par l'invention de la boussole, il a su en tirer un parti si avantageux pour les progrès de la navigation & du commerce.

154. Afin de procéder par principes dans l'examen de ce phénomene, concevons d'abord un aimant *fe* (*fig.* 46), dont le centre *d* soit situé sur la même ligne que l'axe *nr* d'un autre aimant plus considérable BC. Supposons de plus que l'aimant *fe* soit mobile autour du centre *d*, & qu'une cause extérieure agisse pour l'écarter un peu de la position *fde*, puis l'abandonne à

lui-même. Soient B, *f*, les poles positifs, & C, *e*, les poles négatifs. Il est clair que le pole B agit sur le pole *f* pour le repousser, & sur le pole *e* pour l'attirer, tandis qu'au contraire le pole C attire le pole *f*, & repousse le pole *e*. Mais l'action, tant attractive que répulsive du pole C, l'emportant sur les actions analogues du pole B, qui est à une plus grande distance de l'aimant *fe*, on voit que le pole *f* se tournera vers le pole C; & comme l'aimant BC agit plus fortement dans le plan de son axe, que dans tous les autres plans, & que rien n'empêche l'aimant *fe* d'obéir à cette action, il est clair que cet aimant se dirigera sur la même ligne que l'axe prolongé de BC, pour que les forces attractives & répulsives de cet aimant soient en équilibre.

Il y a un autre cas d'équilibre, qui est possible mathématiquement. Ce seroit celui où l'on feroit faire à l'aimant *fe* une demi-conversion, de maniere que le pole *f* prît la place du pole *e*, & réciproquement. Car on peut prouver, par les loix de la mécanique, que dans ce cas, il y auroit encore équilibre entre les forces attractives & répulsives de l'aimant BC. Mais comme le moindre dérangement dans l'axe *fe* romproit cet équilibre, & qu'alors l'aimant reprendroit sa premiere position, en sorte qu'à considérer la

chose

chose physiquement, cet aimant ne peut rester, pendant un instant même très-court, dans la position renversée, dont nous venons de parler ; il est superflu de considérer ce cas.

Soit A le centre de l'aimant BC. Ayant mené la verticale Aδ, si l'on dispose l'aimant ou l'aiguille $\epsilon\varphi$, de maniere que son centre δ soit dans cette même verticale, il est clair qu'en supposant que les deux poles de chaque aimant aient des forces égales, l'aimant $\epsilon\varphi$ se dirigera parallélement à l'aimant BC, de maniere que φ sera le pole positif, & ϵ le pole négatif. Car d'une part, le pole φ sera autant attiré par le pole C, que le pole ϵ par le pole B. D'une autre part, le pole φ sera autant repoussé par le pole B, que le pole ϵ par le pole C ; donc &c.

On conçoit aussi un autre cas d'équilibre dans lequel l'aimant $\epsilon\varphi$ auroit une situation renversée. Mais c'est encore un cas purement mathématique, qui est censé nul, si on l'envisage physiquement. Il en est de ces sortes de cas, comme de celui d'un corps aigu, que l'on s'efforceroit de mettre en équilibre, en le plaçant verticalement sur une table par la pointe. L'expérience prouve qu'on n'y réussit jamais ; quoique la théorie démontre que la chose est possible.

Entre les deux positions $\varphi\epsilon$, $\epsilon\varphi$, il y en a une infinité d'autres qui peuvent avoir lieu, &

dans lesquelles le centre D de l'aimant EF, ne seroit plus ni sur la direction de l'axe de l'aimant BC, ni sur la verticale menée par le point A. Pour que l'équilibre subsiste dans chacun de ces cas, il faut que l'aimant EF prenne une direction oblique par rapport à l'aimant BC, laquelle variera à l'infini, suivant les différentes positions respectives des deux aimans.

155. Si le centre de l'aimant EF reste dans le plan vertical *rnδ*, tandis que cet aimant s'écarte des positions *fe*, *ς φ*, il est évident que sa direction coïncidera toujours avec ce plan. De plus, à mesure que l'aimant s'approchera de l'un ou l'autre des centres d'action, que je suppose placés en M & en N, il s'inclinera davantage vers ce centre. Il y aura une position telle que *e'f'*, où le point *d'* se trouvera à peu-près dans la même ligne verticale que le centre N; alors la force de ce centre, pour attirer le pole *f'* de l'aiguille, & à la fois pour repousser le pole *e'*, sera à son *maximum*. Mais cette même action sera à son *minimum* pour maintenir l'aiguille dans le plan vertical *nrδ*, ou pour l'empêcher de tourner autour du point *d'*. C'est ce que l'on concevra, en considérant qu'alors le centre de l'aiguille étant sur une ligne menée du centre d'action N, perpendiculairement à l'axe de l'aimant, la partie de la force qui agit du

point N, pour faire tourner l'aiguille dans les autres cas, devient nulle, quelle que soit la position de l'aiguille. Il n'y a donc plus alors que les actions du pole M, qui tendent à ramener l'aiguille dans le plan *rnδ*. Or, comme ces actions sont très-obliques, & qu'elles s'exercent à des distances assez considérables, & qui approchent sensiblement de l'égalité, en supposant l'aiguille beaucoup plus courte que l'aimant, elles ne produisent qu'un léger effet. J'ai observé qu'alors on pouvoit déranger l'aiguille de sa position, en lui faisant parcourir un arc de cercle, ou même une demi-circonférence, par ses extrémités, de maniere qu'elle restoit dans la position qu'on venoit de lui donner; le petit frottement qu'elle éprouvoit sur son pivot, étant capable de vaincre l'effort du point M pour la ramener à sa premiere direction. Le point N où cet effet avoit lieu, étoit, dans un barreau magnétique, de près d'un pied de longueur, environ à neuf lignes de distance de l'extrémité *r*. Si l'on transporte l'aiguille au-delà de ce point, en allant vers *r*, sa position se renverse subitement; en sorte qu'elle se dirige, suivant une ligne $f''e''$, inclinée en sens contraire de $e'f'$, & que les poles sont pareillement renversés; ce dont on conçoit aisément la raison. Enfin, si l'on continue de faire mouvoir l'aiguille, de maniere

qu'elle se rapproche de la position *fe*, son inclinaison diminue graduellement, jusqu'à ce que sa direction coïncide avec l'axe *nr* prolongé, comme cela a lieu quand l'aiguille a pris la situation *fe*.

156. Or, l'expérience fait voir qu'une aiguille aimantée, portée sur différens points de la surface du globe terrestre, prend une infinité de directions différentes, qui varient, à l'égard du globe, comme celles d'un aimant EF, relativement à l'aimant BC. Pour déterminer la variation de ces directions, il étoit nécessaire de les rapporter à deux plans donnés de position. On a choisi le plan de l'horizon & celui du méridien, & l'on appelle *angle d'inclinaison*, celui que fait l'axe de l'aiguille avec l'horizon, en s'abaissant plus ou moins vers ce cercle; & *angle de déclinaison*, celui qu'elle fait avec le méridien, en s'écartant plus ou moins du plan de ce méridien, soit vers l'orient, soit vers l'occident.

157. Cela posé, voici ce qu'on a observé (*a*).

(*a*) Baffin, dans le Journal du voyage qu'il fit en qualité de Pilote avec Byleth, dit qu'au-delà du 78ᵉ degré de latitude septentrionale, la déclinaison de l'aiguille alla jusqu'à 56ᵈ; & il ajoute que c'est la plus grande qui ait été observée. Baffin se trouvoit alors vers la Baye, qui depuis a pris son nom. Il se pouvoit

1°. La déclinaison de l'aiguille n'a guere été trouvée jusqu'ici plus grande que 30°. Elle varie suivant les lieux ; dans quelques-uns, la position de l'aiguille coïncide avec le plan du méridien ; ailleurs, elle s'en écarte plus ou moins vers l'orient ou l'occident, comme nous l'avons dit.

2°. Les points où la déclinaison est nulle, forment autour du globe une courbe irréguliere, & différemment contournée ; & il en est de même des points où la déclinaison est d'un nombre de degrés déterminé, comme de 5, 10, 15, &c.

3°. La déclinaison change insensiblement pour un même point du globe. On n'a encore aucune connoissance précise sur la loi de cette variation. On ignore pareillement si la courbe dont nous avons parlé, est constante en elle-même, & a

---

qu'il ne fût pas éloigné du centre d'action de l'un des poles du noyau magnétique dont il sera bientôt parlé ; & dans ce cas (155), l'intensité de la force magnétique étant à peine sensible, l'aiguille n'est presque plus soumise à la loi qui par-tout ailleurs détermine la déclinaison, & peut éprouver des déviations considérables. Une pareille observation demanderoit à être suivie dans tous ses détails, pour qu'on pût en tirer quelqu'induction propre à répandre du jour sur la Théorie.

ſeulement un mouvement lent autour du globe, en vertu duquel elle change continuellement de poſition, ou ſi elle varie plutôt dans ſon inflexion.

4°. On a découvert dans la déclinaiſon de l'aiguille une variation diurne, relativement à un même point de la terre. M. de Caſſini, de l'Académie des Sciences, qui a ſuivi ce phénomene avec beaucoup d'aſſiduité, ſur des aiguilles placées dans les caves de l'Obſervatoire, & qui a porté, dans ſes recherches, les attentions les plus délicates, compare la variation dont il s'agit, à une eſpece de mouvement d'oſcillation, par lequel l'aiguille quitte le matin ſa direction, & parcourt vers l'oueſt, depuis 5' juſqu'à 14', plus ou moins, ſuivant les ſaiſons, pour retrograder enſuite de la même quantité, dans le cours de l'après-dînée. Le moment où l'aiguille eſt le plus écartée de ſa premiere direction, varie auſſi, ſelon les ſaiſons, depuis midi juſqu'à trois heures. Les deux inſtans où elle eſt à ſon *minimum* de variation, ont lieu vers les huit heures du matin, & vers les dix heures du ſoir. Mais en général, cette limite eſt beaucoup plus changeante que celle du plus grand écart, parce que c'eſt alors, & particuliérement le ſoir, que l'aiguille eſt le plus ſujette à l'action de certaines cauſes perturbatri-

ces, telles que les vents d'eſt & de nord-eſt, & ſur-tout les aurores boréales. (Voyez les Mém. de l'Académie des Sciences, année 1784.)

Quant à l'inclinaiſon de l'aiguille, on a fait les obſervations ſuivantes.

1°. Cette inclinaiſon eſt ſenſiblement nulle à l'équateur, ce qui ne doit cependant pas s'entendre dans un ſens rigoureux. Car la courbe, formée par tous les points où l'aiguille eſt perpendiculaire ſur la verticale, coupe l'équateur ſous un petit angle.

2°. A meſure que l'on s'écarte de ce cercle, en allant vers le pole boréal, l'extrêmité de l'aiguille, qui regarde ce pole, s'abaiſſe au-deſſous de l'horizon, en ſorte que l'inclinaiſon croît avec la latitude, jusqu'à ce qu'enfin elle parvienne à l'angle de 90^{d}. Cependant cette variation n'eſt pas exactement proportionnelle au changement de latitude. Car, d'une part, l'inclinaiſon n'eſt pas tout-à-fait conſtante ſous tous les points d'un même parallele; & d'une autre part, on peut inférer de la progreſſion qu'elle ſuit, que ſon *maximum* n'auroit pas lieu préciſément au pole, quoique le point où il exiſteroit, ne doive pas en être éloigné.

3°. Les mêmes effets ſe répetent en ſens contraire, lorſqu'on tranſporte l'aiguille vers le pole auſtral.

4°. L'inclinaison est, ainsi que la déclinaison, sujette à varier, avec le temps, dans le même lieu, suivant une loi jusqu'alors inconnue.

158. Il résulte de ces observations, que l'aiguille aimantée, portée à différens points du globe terrestre, y change de position, comme nous l'avons déja dit, de la même maniere que si on la faisoit mouvoir autour d'un aimant de figure sphérique. Quelques anciens Physiciens, & la plupart des modernes, en ont conclu qu'il étoit extrêmement probable que le globe terrestre renfermoit un très-gros aimant de forme globuleuse; & cette conséquence, adoptée par M. Æpinus, sera encore appuyée par les divers raisonnemens que nous aurons lieu de faire dans la suite.

L'aimant dont il s'agit a un de ses hémisphères DHE (*fig.* 47), dans l'état positif, & l'autre DIE dans l'état négatif. Mais, d'après ce qui a été dit (157), le plan DE qui sépare ces deux hémisphères, ne coïncide pas exactement avec le plan de l'équateur, quoiqu'il s'en écarte peu. Il paroît que la figure de ce noyau magnétique n'est pas parfaitement réguliere, & que la distribution du fluide n'y est pas tout-à-fait uniforme; & c'est delà que proviennent probablement, du moins en grande partie, les légeres déviations dont nous avons parlé, soit dans la déclinaison,

ſoit dans l'inclinaiſon de l'aiguille. Il paroît auſſi, d'après les petits changemens que ſubit, dans un même lieu, la déclinaiſon de l'aiguille, ou que le noyau magnétique du globe a un mouvement lent, par lequel ſa poſition change à l'égard de ce globe, comme l'a ſoupçonné Halley, ou, ce qui eſt plus probable, que la diſtribution du fluide varie, avec le temps, dans l'intérieur du noyau.

159. Avant d'aller plus loin, eſſayons d'analyſer les diverſes circonſtances de l'action d'un aimant BC (*fig. 48*), ſur une aiguille *ab*, extrêmement courte & mobile autour du point *c*. Concevons que les centres d'action de l'aimant BC ſoient en A & en N, de maniere que la force de A ſoit poſitive, & celle de N négative. Il eſt clair que l'aiguille *ab* deviendra elle-même un aimant (104), dont le pole *a* ſera dans l'état négatif, & le pole *b* dans l'état poſitif. De plus, cette aiguille prendra néceſſairement une direction oblique, telle que *ad*. Les choſes étant dans cet état, concevons que l'on faſſe mouvoir le centre *c* de l'aiguille, d'une très-petite quantité, le long de la ligne *ad*, en ſorte que ce centre parvienne, par exemple, en *g*. En vertu de ce ſeul mouvement, l'extrêmité *a* de l'aiguille s'écartera du point A, & l'extrêmité *b* ſe rapprochera du point N; d'où il ſuit que l'extrêmité *a* étant plus attirée à proportion par le point N, & moins

repoussée par le point A, que dans le cas précédent, l'aiguille s'inclinera un peu vers le point N par son extrêmité *b*, & se dirigera, par exemple, suivant la ligne *em*, qui fera, avec la ligne *ad*, un angle infiniment petit. Si l'on fait faire au centre *c* un nouveau mouvement, selon la ligne *em*, de maniere que ce centre parvienne en *f*, l'aiguille prendra une nouvelle direction, telle que *il*, infiniment peu inclinée sur la direction précédente. Si l'on continue de faire mouvoir de la même maniere le centre de l'aiguille, on conçoit que ce centre décrira une courbe *cgfn*, &c.

Il y aura un point de la courbe, où l'aiguille qui s'écarte continuellement du parallélisme par rapport à BC, prendra une direction *nr* perpendiculaire sur cette ligne. Au-delà de ce point, l'extrêmité *b* de l'aiguille, tendant toujours à se rapprocher de plus en plus du point N, les côtés *rs* de la courbe seront inclinés en sens contraire des premiers côtés *ag*, *gf*, &c.; & enfin, lorsque l'extrêmité *b* de l'aiguille sera infiniment près du point N, l'attraction de ce point agira si fortement, que la courbe passera par ce même point. Au-dessous, elle formera des côtés qui approcheront toujours davantage du parallélisme avec BC; & lorsque le centre de l'aiguille sera en *p*, précisément au-dessous du centre O de l'aimant

BC, la direction xy de l'aiguille ſera parallele à BC. Plus loin, la courbe s'infléchira vers le point A, par lequel elle paſſera, en formant une nouvelle branche AM ſemblable à la branche oppoſée, en ſorte que la courbe ſera rentrante ſur elle-même.

Imaginons maintenant que l'on ait diſpoſé ſur la circonférence de cette courbe, les centres d'une multitude de petites aiguilles très-courtes; bientôt ces aiguilles prendront des ſituations telles, que chacune d'elles ſe dirigera ſuivant la tangente au point de la courbe, lequel ſe confondra avec le centre de l'aiguille : & comme toutes ces aiguilles ſe regardent par leurs poles de différens noms, elle adhéreront entr'elles, & formeront elles-mêmes une courbe continue. On aura le même réſultat, ſoit que l'on diſpoſe, ſuivant l'ordre mentionné, ou des aiguilles magnétiques, ou des fils de fer non-aimantés, puiſqu'en vertu de l'action exercée par l'aimant autour duquel ces fils ſeront diſpoſés, ils deviendront eux-mêmes autant de petits aimans.

Si, au lieu de ſuppoſer que ces petits corps aient leurs centres fixes ſur un pivot, on les conçoit couchés ſur un plan où ils éprouvent un certain frottement, la réſiſtance produite par ce frottement, les empêchera de gliſſer vers les points A, N, qui agiſſent pour les attirer; en

même-temps cette force attractive peut être telle, que les fils de fer prennent la direction qu'ils auroient, s'ils étoient mobiles autour de leur centre. On seconde encore cet effet, en imprimant une légere secousse au plan qui les soutient; car alors ils se détachent de ce plan, & prennent d'autant plus facilement les positions qu'exigent les attractions des points A, N, en sorte qu'ils retombent sur le plan, en formant la ligne courbe dont nous avons parlé. Si donc l'on imagine qu'on ait semé de la limaille de fer sur ce plan, les parcelles de cette limaille formeront une multitude de courbes rentrantes, & de portions de courbes, qui passeront toutes par les points A, N. La figure 49 peut donner une idée de cet assemblage de courbes.

Pour se procurer le spectacle amusant d'une pareille disposition, on pourra placer verticalement deux barreaux magnétiques, de maniere que leurs poles opposés soient tournés du même côté. On recouvrira ensuite les deux poles supérieurs avec un carton horizontal parsemé de limaille, & en imprimant de légeres secousses au carton, on verra naître toutes ces courbes, qui ont paru si merveilleuses, & ont tant excité l'étonnement des Physiciens, mais que la Théorie fait rentrer dans la classe des effets ordinaires du magnétisme.

160. Si l'aiguille dont nous avons parlé plus haut, eût été placée d'abord vers un point D (*fig.* 48), de maniere que sa longueur dépassât de ce côté celle de l'aimant BC, on concevra que la courbe décrite par cette aiguille, en vertu des suppositions que nous avons faites (159), après avoir passé par le point A, formeroit une inflexion AE en sens contraire de l'arc DA ; après quoi elle iroit passer par le point N, en formant l'arc AEN, au-delà duquel elle deviendroit une courbe rentrante du même genre que la courbe NAM. Observons que l'aiguille, au-dessous du point A, prend une nouvelle direction $b''a''$, opposée à la direction précédente $a'b'$. Ce renversement est une suite de l'attraction que le centre A de l'aimant exerce sur le pole *b* de l'aiguille, & de sa répulsion par rapport au pole *a*.

161. Dans tout ce que nous avons dit de la courbe décrite par le centre de cette aiguille, en vertu de l'action de l'aimant BC, nous avons supposé que cette action se combinoit, avec les petites impulsions que l'on imprimoit à l'aiguille pour déranger son centre de sa position actuelle, mais que du reste l'aiguille étoit libre dans l'espace. Il n'en seroit pas de même d'une aiguille aimantée, que l'on transporteroit successivement sur tous les points du globe terrestre, qui seroient dans le plan d'un même méridien. Il est évident

qu'alors le centre de l'aiguille étant forcé de décrire la circonférence de ce méridien, s'écarteroit continuellement de la courbe qu'il eût décrite, d'après les suppositions faites ci-dessus. Dans le même cas, la direction de l'aiguille ne seroit tangente au méridien, que dans les deux points où elle deviendroit parallele à l'axe du noyau magnétique, c'est-à-dire, vers l'équateur. Par-tout ailleurs cette direction seroit tangente à la courbe que l'aiguille eût commencé à décrire, si elle fût partie de sa position actuelle, & que son mouvement eût été libre dans l'espace. Il suit delà, que si l'on suppose chacune de ces tangentes infiniment petite, elles formeront un polygone d'une infinité de côtés, dont chacun pourra être considéré, comme l'arc initial d'une portion de courbe AD, zy, &c., qui eût été décrite en vertu d'une position donnée de l'aiguille, le mouvement étant supposé libre dans l'espace. On conçoit, d'après ce qui a été dit plus haut, que si l'on transportoit l'aiguille à une certaine proximité de l'un ou l'autre des poles de notre globe, on verroit cette aiguille se renverser, en prenant une inclinaison & une direction opposées aux précédentes. De plus, le polygone, à ce même point, commenceroit à former une nouvelle branche inclinée en sens contraire de la partie adjacente. Cette

inclinaiſon iroit en diminuant, par rapport à l'axe du globe, juſqu'au pole, où la branche ſeroit dans le prolongement du même axe. Remarquons encore, qu'au point où l'aiguille ſe renverſeroit, ainſi que dans les points voiſins, l'intenſité de la force magnétique, relativement à cette aiguille, ſeroit peu ſenſible, de maniere que l'aiguille, dérangée de ſa poſition, n'oſcilleroit que très-lentement, & pourroit même reſter ſtationnaire, pendant quelques inſtans, dans une direction quelconque qu'on lui auroit fait prendre.

162. Les deux centres d'action du noyau magnétique de notre globe, étant à une diſtance que l'on peut regarder preſque comme infinie, par rapport à une aiguille de bouſſole placée ſur la ſurface de la terre; il en réſulte que les directions de ces actions ſont entr'elles, comme nous l'avons dit (note du n°. 152), des angles infiniment petits, & doivent être cenſées paralleles, même relativement à différentes aiguilles ſituées ſur divers points de notre globe. Delà on conclura encore que les forces exercées par les mêmes centres, ſont ſenſiblement conſtantes, même ſur un eſpace d'une certaine étendue, pourvu qu'on ne s'approche pas trop des poles. Un des plus sûrs moyens que l'on puiſſe employer, pour vérifier ce point de Théorie,

conſiſte à compter les oſcillations que fait une bonne aiguille de bouſſole, dans un temps déterminé. Si les nombres de ces oſcillations ſe trouvent égaux dans pluſieurs lieux différens, on en infére que les forces magnétiques du noyau ſont conſtantes à l'égard des mêmes lieux. C'eſt ainſi que M. le Chevalier de Borda, de l'Académie des Sciences, a trouvé, par des obſervations faites d'abord à Breſt, à Cadix, à Teneriffe, à Gorée ſur la côte d'Afrique, & enſuite à Breſt & à la Guadeloupe, que l'intenſité de la force exercée par le noyau magnétique ſur une aiguille aimantée, étoit ſenſiblement la même dans ces différens endroits.

163. Si la ſuppoſition de l'exiſtence du noyau dont il s'agit, eſt conforme à la vérité, il en réſulte qu'une verge de fer ſituée d'une certaine maniere, doit devenir un aimant, en vertu de l'action de ce noyau (104). Or, les Phyſiciens ſavent que cela arrive ainſi, & qu'en général, une verge de fer que l'on dirige dans une poſition, ſoit oblique, ſoit perpendiculaire à l'horizon, donne en peu de temps des ſignes plus ou moins marqués de magnétiſme; en ſorte que ſi l'on fait l'expérience, par exemple, entre l'équateur & le cercle polaire arctique, l'extrémité inférieure de la verge repouſſe le pole boréal d'une aiguille aimantée, & attire le pole auſtral:

le

le contraire a lieu vers le point opposé du globe & ces effets sont une suite nécessaire des principes établis. Car, en supposant que l'on fasse l'expérience dans nos contrées, le pole boréal de l'aiguille est dans un état de magnétisme contraire à celui du pole correspondant du noyau. D'une autre part, l'action de ce dernier pole communique à l'extrêmité inférieure de la verge un magnétisme contraire au sien, d'où il suit que le pole inférieur de la verge, & le pole nord de l'aiguille, étant des poles de même nom, doivent se repousser, tandis que le même pole de la verge doit attirer le pole boréal de l'aiguille (108).

164. L'observation fait voir encore que la quantité de vertu magnétique, que le globe terrestre communique à une verge de fer, varie suivant les positions que l'on donne à cette verge, & que de plus, il y a telle position où la verge ne reçoit aucune vertu. Pour expliquer ces différens faits, concevons que A (*fig. 50*), soit le pole positif du noyau magnétique de notre globe, & B son pole négatif, & que les actions de ces deux poles soient concentrées dans les points M, N. Cherchons la direction & la quantité de cette double action sur une molécule O de fluide, placée au-dessus de la surface du globe terrestre. Il est clair que cette molécule est repoussée par

l'action du point M, ſuivant la direction MO, & attirée par l'action du point N, ſuivant la direction ON. Repréſentons par OR la quantité de la répulſion, & par OS celle de l'attraction. Ayant terminé le parallélogramme ORPS, on voit que la molécule O ſera ſollicitée à parcourir la diagonale OP, dans le même temps qu'elle auroit employé à ſe mouvoir ſur l'un ou l'autre des côtés OR, OS. La ligne OP repréſentera donc la réſultante de l'action des deux poles A, B.

165. Imaginons maintenant une verge de fer, ſituée de maniere que ſa longueur ſoit dans la direction OP. Il eſt clair que le fluide renfermé dans cette verge ſera repouſſé de O vers P; en ſorte que l'extrêmité O deviendra négative, & l'extrêmité P poſitive. Suppoſons que la verge eût pris une autre direction OI (*fig.* 51), qu'il faut concevoir, comme s'écartant du plan MON (*fig.* 50), dans lequel eſt la ligne OP. Pour repréſenter l'action des deux poles du noyau magnétique, relativement à la poſition actuelle de cette verge, obſervons que la force exprimée par OP, ſe décompoſe en deux autres, l'une PD ou OH, (*fig.* 51), perpendiculaire ſur OI; l'autre OD, qui coïncide avec cette derniere ligne. De ces deux forces, la premiere ne contribue pas ſenſiblement au magnétiſme de la verge, parce qu'elle s'exerce dans le ſens de l'é-

paiſſeur de cette verge, que l'on ſuppoſe être peu conſidérable. L'autre force repréſentée par OD, agira, au contraire, avec une certaine intenſité, & cette action ſera telle, que l'extrêmité O deviendra négative, & l'extrêmité D poſitive; & comme l'on a OD plus petite que OP, la vertu communiquée à la verge, ſera moindre que dans le cas précédent.

Enfin, concevons que l'on eût placé la verge de maniere qu'elle fît un angle plus ouvert avec OP, & qu'en même-temps elle reſtât dans le même plan vertical ſur lequel ſe trouve la ligne OD: ſoit OZ la direction de la verge, dans ce troiſieme cas, cette ligne étant cenſée s'abaiſſer au-deſſous de la direction OD. Alors la partie OX qui repréſente l'action des poles, pour communiquer le magnétiſme à cette verge, ſe trouvant encore diminuée, la verge ſera dans un cas encore moins favorable, & n'acquerra pas autant de vertu que quand elle avoit la poſition OD.

En général, plus l'angle formé par l'incidence de la verge ſur la ligne OP ſera ouvert, plus auſſi la partie de l'action des poles qui s'exerce ſuivant la longueur de la verge ſera petite, & plus parconſéquent le magnétiſme communiqué à la verge, ira en décroiſſant.

Il ſuit delà que le cas où la verge, que l'on ſuppoſe reſter dans le même plan vertical, reçoit le *maximum* de magnétiſme, eſt celui où l'angle

dont on vient de parler, eſt le plus petit poſſible. Or, ſi l'on mene du point P une perpendiculaire ſur le plan où ſe trouve la verge ; en ſorte que cette perpendiculaire ſoit, par exemple, la ligne PD, & ſi l'on joint les points O, D, par une droite, la direction OD ſera celle où le *maximum* de magnétiſme aura lieu. Car, alors la ligne PD qui repréſente la force nulle, étant la plus petite poſſible, la ligne OD qui exprime la force réelle, ſera plus longue que dans toute autre poſition de la verge.

A meſure que la direction de la verge s'écartera de la poſition OD, que nous avons vue être la plus favorable, & paſſera à d'autres poſitions telles que OZ, en reſtant toujours néanmoins dans le même plan vertical, l'angle de la nouvelle direction avec OD augmentera, & il y aura un point où cet angle deviendra droit, comme DOY. Or, la force des deux poles repréſentée par OD, s'exerce alors toute entiere, ſuivant l'épaiſſeur de la verge ; & parconſéquent ce cas eſt celui où le magnétiſme communiqué à la verge eſt à ſon *minimum*.

166. Il y a donc, relativement à chaque plan vertical, une poſition qui donne le *maximum* du magnétiſme acquis par la verge. C'eſt celle qui coïncide avec la direction OD de la force OP, rapportée au plan dont il s'agit.

Il y a une autre position qui donne le *minimum* de magnétisme : c'est celle qui est dirigée perpendiculairement à OD. Entre ces deux positions, on en conçoit une infinité d'intermédiaires, dans lesquelles la force du magnétisme varie, en se rapprochant plus ou moins de l'un ou l'autre des extrêmes.

167. Mais de plus, parmi tout les plans verticaux possibles, il y en a un où la verge située de la maniere la plus favorable, relativement à toutes les autres directions qui peuvent avoir lieu dans ce même plan, acquerroit un degré de magnétisme plus considérable que dans tout autre plan; & l'on conçoit aisément que ce plan est celui dans lequel se trouvent les lignes MO, NO (*fig.* 50), & que la direction la plus avantageuse pour la verge, est celle de la ligne OP, qui représente la résultante des forces exercées par les centres d'action du noyau magnétique.

C'est dans ce plan que se dirige toujours une aiguille aimantée, suspendue librement. On lui a donné le nom de *Méridien magnétique*; & l'on appelle *Équateur magnétique*, le plan qui divise le noyau en deux hémisphères, dont l'un seroit tout entier dans l'état positif, & l'autre, tout entier dans l'état négatif. Si le fluide étoit uniformément distribué dans le noyau, en sorte que son centre magnétique se confondît avec le

centre de notre globe, il eſt clair que l'équateur magnétique ne feroit point diſtingué de l'équateur terreſtre. De plus, la déclinaiſon feroit nulle pour tous les lieux de la terre; car le noyau magnétique pourroit être cenſé réduit dans ce cas à un ſimple fil, dirigé ſuivant l'axe du globe; d'où il ſuit qu'il produiroit par rapport à une aiguille aimantée, mobile ſur un pivot vertical au-deſſus de la ſurface de la terre, les mêmes effets qu'un fil d'acier aimanté, à l'égard d'une aiguille dont le ſupport feroit ſitué dans le même plan vertical que l'axe de ce fil. Or, il eſt évident que la direction de l'aiguille coïncideroit avec ce plan. Il ſuit delà que, dans la ſuppoſition préſente, le méridien magnétique ſe confondroit toujours avec le méridien du lieu. Quant à l'inclinaiſon de l'aiguille, elle exiſteroit néceſſairement, dans la même hypotheſe, excepté à l'équateur, où elle feroit abſolument nulle; elle croîtroit par degrés depuis l'équateur juſqu'aux poles, où l'aiguille prendroit une direction qui feroit dans le prolongement de l'axe de la terre.

Mais il paroît, comme nous l'avons déja dit, que la diſtribution du fluide ſe fait irrégulierement dans l'intérieur du noyau magnétique; en ſorte que ſes centres d'action ne ſont pas ſitués exactement ſur l'axe de notre globe, ni à des diſtances égales de ſon centre. Or, par une ſuite

néceſſaire de cette déviation; 1°. ce n'eſt point à l'équateur que l'inclinaiſon eſt nulle, parce qu'une aiguille dont le ſupport ſeroit ſitué dans le plan de ce cercle, ne peut avoir ſes deux poles également attirés & repouſſés dans le ſens horizontal, par les centres d'action du noyau magnétique, qui ſont à des diſtances inégales de ces mêmes poles. 2°. Les lieux où l'inclinaiſon eſt nulle, ne forment point une courbe réguliere dont tous les points ſeroient ſitués dans le même plan. Car, à cauſe de la diſtribution inégale du fluide, l'aiguille tranſportée ſucceſſivement à différens endroits du globe, s'approche & s'écarte tour à tour de certaines parties du noyau, dans leſquelles le fluide eſt plus denſe ou plus rare qu'il ne devroit l'être, & parconſéquent les points où elle ceſſe de décliner, ſe trouvant tantôt au-delà, & tantôt en-deçà de ceux où le même effet auroit lieu, dans le cas d'une diſtribution uniforme; la courbe qui en réſulte, forme des eſpeces d'inflexions ou d'ondulations en différens ſens. 3°. Les centres d'action n'étant pas ſitués ſur l'axe du globe, ainſi que nous l'avons obſervé; il s'enſuit que l'aiguille tranſportée ſur différens points de la ſurface de la terre, doit s'écarter du méridien du lieu, ſuivant l'angle que fait avec ce méridien la ligne qui joint les centres d'action. 4°. Il y aura cependant certains points où la déclinaiſon ſera nulle;

ſavoir, ceux à l'égard deſquels les différentes denſités des portions de fluide répandues inégalement dans les deux hémiſpheres du noyau, combinées avec les diſtances de ces portions de fluide aux deux poles de l'aiguille, ſeront telles, que la reſultante de toutes les forces du noyau ſur l'aiguille, paſſera par le plan du méridien; en ſorte que par rapport aux lieux dont il s'agit, les centres d'action du noyau ſe trouveront accidentellement ſur l'axe du globe terreſtre. Mais tous ces points, ainſi que ceux où la déclinaiſon ſeroit d'un nombre déterminé de degrés, ne pourront former aucunes courbes régulieres, tant à cauſe de la poſition, en général oblique, de la ligne qui joint les centres d'action, que de la variation continuelle à laquelle ces centres ſont ſoumis, par la raiſon que nous avons expoſée plus haut.

168. Il y a donc, pour chaque lieu du globe, un méridien magnétique particulier, dont la poſition change un peu, relativement au même lieu, tant par l'effet d'une déviation continue, qui paroît provenir de la mobilité du fluide renfermé dans l'intérieur du noyau, que d'une autre variation paſſagere qui tient à des cauſes extérieures & locales, ainſi que nous l'avons déja dit. Par exemple, le premier Janvier 1784, une aiguille aimantée, ſuſpendue dans les caves

de l'Obſervatoire, déclinoit de $21^{d}, 41', 8''$ vers l'oueſt. Mais cette déclinaiſon differe d'une certaine quantité d'avec celle qui avoit été obſervée précédemment ; & il y a tout lieu de croire qu'elle ſubira par la ſuite de nouveaux changemens.

169. On voit, par ce qui précede, qu'il n'eſt pas néceſſaire d'avoir aucun aimant, ſoit naturel, ſoit artificiel, en ſa diſpoſition, pour faire prendre à une verge de fer, dans l'état naturel, un certain degré de magnétiſme. Il ſuffit de diſpoſer cette verge de maniere, que les forces des centres d'action du noyau magnétique de notre globe puiſſent déplacer le fluide, en le faiſant mouvoir d'une extrêmité vers l'autre. La poſition la plus avantageuſe eſt celle qui coïncide avec la direction que prendroit d'elle-même une aiguille aimantée & mobile ſur ſon centre. Au bout d'un certain temps, la verge donnera des ſignes marqués de magnétiſme. Ceci rend raiſon de certains effets, qui ont dû cauſer d'abord beaucoup de ſurpriſe, tels que le magnétiſme qu'acquerent naturellement les barres de fer qui ont une poſition conſtante au haut des édifices. Une des premieres obſervations de ce genre dont on ait parlé, eſt celle que fit Gaſſendi, au ſujet de la tige qui ſoutenoit la croix du clocher de S.

Jean d'Aix en Provence. Cette obſervation a été répétée depuis ſur d'autres tiges ſemblables.

170. M. Æpinus cite un autre fait encore plus curieux, que chacun peut vérifier, à l'aide d'une expérience facile. Ayez une verge de fer mou AB (*fig. 52*), & tenez-la pendant un inſtant dans une poſition où l'action du globe puiſſe lui communiquer un certain degré de magnétiſme. Si vous préſentez une aiguille aimantée *sn*, ſucceſſivement aux deux extrêmités de la verge, en maintenant celle-ci parallele à elle-même, vous obſerverez que l'extrêmité inférieure B attire le pole auſtral *s* de l'aiguille, & que l'extrêmité ſupérieure A repouſſe le même pole, (108). Renverſez alors la verge, de maniere que l'extrêmité A prenne la place de l'extrêmité B, & réciproquement; puis répétez l'expérience. Vous aurez des réſultats contraires, c'eſt-à-dire, que A repouſſera le pole *s* de l'aiguille, & que B l'attirera. Ce changement ſubit qui s'opere dans l'état de la verge, a paru merveilleux aux Phyſiciens qui en ont été les premiers ſpectateurs. Mais on en conçoit aiſément la raiſon, d'après ce qui a été dit, puiſque la verge ayant acquis, par ſa premiere poſition, un certain magnétiſme, mais léger & en quelque ſorte fugitif, doit le perdre à l'inſtant, pour paſſer au magnétiſme

opposé, aussi-tôt qu'on l'a dirigée dans une position inverse, à l'égard des poles du noyau magnétique de notre globe.

Il est presqu'inutile de remarquer, que si l'on place un barreau de fer dur dans une situation convenable, il acquerra plus difficilement la vertu magnétique qu'un barreau de fer mou, mais la conservera aussi plus long-temps; en sorte que si l'on renverse sa position, il passera beaucoup plus lentement à l'état contraire.

171. Les observations précédentes ont fourni aux Physiciens des moyens pour communiquer à des barreaux d'acier trempé le plus haut degré de magnétisme dont ils fussent susceptibles, sans avoir préalablement, sous la main, aucune espece d'aimant, soit naturel, soit artificiel. Il ne s'agit que de faire prendre d'abord à des barreaux de fer mou, un commencement de magnétisme, en les plaçant d'une maniere convenable, relativement au méridien magnétique du lieu : on emploie ensuite ces barreaux, pour en aimanter d'autres plus durs, par la méthode du double contact; ces derniers font à leur tour la même fonction, par rapport à d'autres barreaux, qui ont le degré de trempe requis pour les aimans artificiels ordinaires. On parvient ainsi à conduire, dans ces différens barreaux, la vertu magnétique, par des accroissemens successifs, à

ſon *maximum*. Nous n'entrerons pas dans le détail de ces procédés, que chacun peut varier à ſon gré, en ſe dirigeant d'après les principes de la Théorie.

172. Mais nous ne devons point paſſer ſous ſilence un moyen indiqué par M. Æpinus, pour ſeconder, à l'égard des premiers barreaux de fer, l'action du magnétiſme terreſtre. Au lieu de diſpoſer ſimplement ces barreaux dans les directions dont nous avons parlé, on peut, en même-temps qu'on les tient dans une direction verticale, les frapper à coups redoublés, à l'aide d'un marteau. Les ſecouſſes imprimées aux barreaux par ces percuſſions, occaſionnent dans leur maſſe une eſpece de vibration générale, qui déplace un peu leurs particules, les écarte les unes des autres, & donnant par-là plus de jeu au mouvement du fluide magnétique, facilite l'action des forces du globe, pour refouler ce fluide d'une extrêmité des barreaux vers l'autre.

173. C'eſt probablement en vertu d'un Mécaniſme ſemblable, que l'on parvient à aimanter des aiguilles qui ſont encore dans l'état naturel, ou à renverſer leurs poles, ſi elles étoient déja aimantées, en leur faiſant ſubir une forte commotion électrique. La foudre eſt capable de produire le même effet ſur une verge de fer qui en ſeroit frappée ; & cette cauſe peut concourir

avec la direction des tiges qui soutiennent les croix des clochers, pour produire dans ces tiges le magnétisme dont nous avons parlé plus haut.

174. M. Æpinus a éprouvé encore, que l'action du feu fournissoit un moyen d'augmenter sensiblement la vertu des aimans naturels. Ce Physicien ayant fait rougir sur un brasier, des aimans de ce genre, & les ayant laissés réfroidir, observa, qu'à la vérité, ils avoient perdu presque tout leur magnétisme. Mais les ayant ensuite plaçés entre deux barreaux d'acier fortement aimantés, il trouva, après les avoir retirés au bout d'un quart-d'heure, ou d'une demi-heure, qu'ils avoient acquis un degré de vertu beaucoup plus considérable que celui dont ils étoient doués d'abord.

175. Il se présente ici une difficulté qui paroît très-forte, & dont on ne voit pas d'abord que la Théorie puisse fournir la solution. « Si l'action du noyau magnétique de notre globe, est capable, dira-t-on, de communiquer au fer une vertu si sensible, elle devroit aussi exercer une certaine attraction sur ce métal, comme cela a lieu, par rapport aux aimans que nous employons dans nos expériences. Un exemple choisi entre plusieurs que l'on pourroit citer, servira à mettre la difficulté dans tout son jour. Placez une verge aimantée sur une lame de bois ou de liége, de maniere qu'elle nage à fleur

d'eau dans un vaſe d'une largeur ſuffiſante. La verge ſe dirigera dans le plan du méridien magnétique ; & il paroît de plus, que ſi l'on fait l'expérience, par exemple, entre l'équateur & le pole du nord, cette verge doit s'avancer vers le bord du vaſe qui ſera tourné vers le même pole, comme cela arriveroit, ſi l'on plaçoit à une certaine diſtance, un aimant, même foible, dans la poſition convenable. Cependant la verge, quoiqu'elle ſe dirige, comme on l'a dit, quoiqu'elle eût pu même, ſuivant la Théorie, emprunter du noyau ſuppoſé, la vertu néceſſaire pour que cette direction ait lieu, ne fera aucun mouvement pour s'approcher des bords du vaſe. N'eſt-ce pas une contradiction, de prétendre que ce noyau agiſſe à la maniere des aimans ordinaires ſur le fer dans l'état naturel, ou ſur le fer déja aimanté, pour faire paſſer l'un à l'état de magnétiſme, & diriger l'autre du midi au nord ; tandis qu'il ſemble avoir perdu ſes propriétés, dès qu'il s'agit de produire la moindre attraction ſenſible ſur les mêmes corps » ?

On ne dira pas, pour réſoudre l'objection, que le noyau magnétique du globe, quoique d'un volume conſidérable, n'a qu'une très-petite force. Car cette réponſe eſt détruite par le fait du magnétiſme communiqué au fer, à une très-grande diſtance, en vertu de la ſeule action du

noyau. Voici une autre ſolution d'autant plus ſatisfaiſante, qu'en faiſant évanouir la difficulté, elle donne une nouvelle ſolidité aux baſes ſur leſquelles porte la Théorie.

Soit *cd* (*fig.* 53), une verge de fer non-aimantée : concevons que l'on place un aimant A, à une petite diſtance de *cd*, & autre aimant B très-vigoureux, à une très-grande diſtance de la même verge. Suppoſons que *g*, *n*, ſoient les poles poſitifs, & *h*, *f*, les poles négatifs. Il eſt clair que la quantité de fluide de chaque aimant, étant la même que la quantité naturelle (96), ces aimans agiſſent par-tout dans la direction *xc*, comme étant dans l'état poſitif. Concevons les actions relatives à cet état, comme concentrées dans les points *a*, *b*, & conſidérons celle de chaque aimant ſur une molécule placée vers l'extrêmité *d* de la verge *cd*. Cette action tend à chaſſer la molécule de *d* vers *c*, & parconſéquent à communiquer le magnétiſme négatif à l'extrêmité *d*, & le magnétiſme poſitif à l'extrêmité *c*. Or, les forces étant en raiſon inverſe du quarré de la diſtance (152), celle de l'aimant B pourra être repréſentée par la fraction $(\frac{1}{ld})^2$, & celle de l'aimant A, toutes choſes égales d'ailleurs, par la fraction $(\frac{1}{de})^2$, les quantités $(ld)^2$ & $(de)^2$, exprimant ici les quarrés des diſtances.

Évaluons maintenant les attractions des aimans, pour faire avancer la verge *cd* dans la direction *cx*. Pour que ces attractions produisent quelqu'effet, il faut que l'aiguille *cd* soit déja elle-même un aimant, dont *d* sera le pole négatif, & *c* le pole positif. Or, l'action de chacun des aimans tend à attirer le pole *d* & à repousser le pole *c*. Les effets produits seront donc ici en raison des différences entre les deux actions de chaque aimant sur les poles *d*, *c*. Mais l'action de l'aimant A sur le pole *d*, étant toujours $(\frac{1}{de})^2$, son action sur le pole C sera $(\frac{1}{ce})^2$, & la différence de ces deux fractions exprimera l'effet total de l'aimant pour attirer la verge *cd*. On concevra de même que l'effet de l'aimant B, pour attirer la même verge, doit être représenté par la différence des deux fractions $(\frac{1}{ld})^2$, $(\frac{1}{lc})^2$, dont la premiere exprime la force attractive, & la seconde la force répulsive.

On sait que plus le dénominateur d'une fraction est grand, son numérateur restant le même, & plus cette fraction est petite. Or, les deux dénominateurs $(ld)^2$, $(lc)^2$, sont incomparablement plus grands que les dénominateurs $(de)^2$, $(ce)^2$, d'où il suit que les fractions $(\frac{1}{ld})^2$, $(\frac{1}{lc^2})$, sont aussi incomparablement plus petites que les fractions

fractions $(\frac{1}{de})^2$, $(\frac{1}{ce})^2$. Donc la différence de ces dernieres, en ſuppoſant l'aimant B à une diſtance immenſe, ſera preſque nulle par rapport à la différence entre les premieres (*a*).

On voit par cet expoſé, que les forces communicatives des deux aimans ſont exprimées par de ſimples fractions, & leurs forces attractives par des différences de fractions. Les réſultats auxquels conduiſent ces deux ſortes d'expreſſions, ſont eux-mêmes très-différens; en ſorte que l'action de l'aimant B, pour attirer l'aiguille *cd*, ſe trouve preſque infiniment petite à l'égard de celle qu'exerce l'aimant A pour produire le même effet, tandis qu'au contraire, l'action de l'aimant B, pour communiquer le magnétiſme à la verge *cd*, eſt encore très-comparable à l'action analogue de l'aimant A.

176. La force des poles du même noyau magnétique eſt ſuſceptible pareillement de faire

---

(*a*) Les dénominateurs $(ld)^2$, $(lc)^2$, different plus entr'eux que les dénominateurs $(de)^2$, $(ce)^2$, ce qui tend à rendre la différence entre les deux fractions $(\frac{1}{ld})^2$, $(\frac{1}{lc})^2$, plus grande que celle des deux autres fractions. Mais la compenſation qui réſulte de l'extrême petiteſſe des dénominateurs, rend preſque nul l'effet de la différence dont il s'agit.

prendre à une aiguille aimantée la direction du nord au ſud, quoique leur force attractive ſoit comme nulle. Concevons que *cd* (*fig.* 54), repréſente une aiguille aimantée, mobile ſur ſon centre *o*, & écartée par une force extérieure quelconque de la direction *rs* de ſon méridien magnétique. Soit *b* le point dans lequel ſeroit concentrée la force d'un aimant très-éloigné de l'aiguille, cette force étant toujours ſuppoſée être poſitive. Soit *c* le pole poſitif de l'aiguille, & *d* ſon pole négatif. La force *b* agit ſur le pole *c*, ſuivant la direction *bc* qui ſe confond ſenſiblement avec *zc*, parallele à *bo*, à cauſe de la grande diſtance. Soit *nc* la quantité de cette action. La même force *b* agit ſur le pole *d*, ſuivant la direction *db* ou *dx* parallele à *bo*; ſoit *fd* la quantité de cette action. La premiere action *nc* ſe décompoſe en deux, l'une ſuivant *cl*, qui eſt détruite par la réſiſtance du point *o*, l'autre ſuivant *nl*, qui ſeule contribue à ramener l'aiguille ſur ſon méridien *rs*. Pareillement l'action *fd* ſe décompoſe en deux, l'une ſuivant *dg*, & nulle dans le cas préſent; l'autre ſuivant *fg*, qui ſeule doit être conſidérée. On voit par-là que les deux actions de l'aimant *b* ſur les poles de l'aiguille, conſpirent à produire le même effet, en ſorte que leur ſomme exprime la quantité de cet effet. Or, à une très-grande diſtance, la ſomme dont il

s'agit peut être encore très-appréciable, comme celle qui exprime la force communicative de l'aimant. Au contraire, la force attractive, comme nous l'avons vu (175), n'est exprimée que par la différence des deux actions de l'aimant sur les poles de l'aiguille, différence qui est censée infiniment petite à une distance immense. Il n'est donc pas étonnant que le noyau magnétique de notre globe exerce une force directive très-sensible sur une aiguille aimantée, tandis qu'il ne donne aucun signe de force attractive, relativement à la même aiguille.

Remarquons, en finissant, que les différences entre les forces communicative & directive d'une part, & la force attractive de l'autre, sont bien plus grandes dans l'hypothese de la raison inverse du quarré des distances, que dans celle du rapport inverse des simples distances; ce qui confirme les résultats obtenus par M. Coulomb, pour prouver que le fluide magnétique suit la premiere des deux loix que nous venons de citer.

VII. Des aimans naturels, & des mines de fer renfermées dans l'intérieur du globe.

177. La force magnétique du noyau qui occupe le milieu du globe terrestre, exerce

continuellement sur les mines de fer situées autour de lui, à une certaine distance, une action semblable à celle qui a lieu, par rapport aux verges de fer que nous disposons à la surface, dans des situation convenables (169). Si ces mines de fer sont propres, par leur nature, à recevoir facilement la vertu magnétique, & que leur position seconde la communication de cette vertu, elles formeront des mines d'aimant, dont les différens morceaux, après avoir été retirés du sein de la terre, auront deux poles, & seront susceptibles de prendre la même direction que les aiguilles magnétiques.

178. L'aimant se trouve en masses dans l'intérieur de plusieurs montagnes, en Sibérie, en Dalécarlie, en Norvege, dans le Dévonshire, province d'Angleterre, &c. Ces masses, d'après la Théorie, doivent avoir, en général, leurs poles dans des états opposés à ceux du noyau magnétique, vers lesquels ces mêmes poles sont tournés, en sorte, par exemple, que le pole, qui dans le sein de la terre étoit le plus voisin du nord, sera encore le pole boréal, après l'extraction de la mine (163). Mais il est possible aussi que parmi les morceaux détachés d'une même masse d'aimant, quelques-uns aient leur poles dans des situations renversées. C'est ce qui arriveroit, suivant M. Æpinus, si la masse avoit

plusieurs points conséquens (111), & que les ruptures eussent été faites entre les limites des parties, alternativement aimantées en plus & en moins. Car, soit AN (*fig. 55*), une masse qui ait sa partie AB dans l'état positif, sa partie BG dans l'état négatif, & ainsi de suite. Si l'on coupe cette masse en trois fragmens AC, CD, DN, on voit que la partie négative CD se trouvera adjacente à celle de AC, & qu'ainsi les poles de ces deux fragmens seront situés en sens contraire les uns des autres. C'est à l'observation à décider si ce cas, dont la Théorie fait voir la possibilité, existe réellement dans la nature.

179. On conçoit assez facilement, d'après ce qui vient d'être dit, l'origine de la vertu magnétique, dont plusieurs mines de fer se trouvent douées naturellement, sur-tout si l'on fait attention que ces mines ont pu être exposées pendant une longue suite d'années à l'action du noyau magnétique. Mais on demandera pourquoi toutes les mines de fer ne manifestent pas au moins un certain degré de magnétisme. Car il y en a qui sont simplement attirables à l'aimant, sans offrir aucune apparence de poles, telles que les mines de fer octaëdre de Falun en Dalécarlie, de l'île de Corse, &c. La mine de l'île d'Elbe, en cubes incomplets dans leurs angles solides; celle de Framont dans les Vosges, en pyramides exaëdres

naiſſantes, oppoſées bâſe à bâſe, &c. Les Minéralogiſtes ont déſigné ces mines ſous le nom de *Ferrum retractorium*, pour les diſtinguer de la mine d'aimant, qu'ils appellent *Ferrum attractorium*.

180. De plus, on trouve une grande quantité de mines de fer ſur leſquelles le barreau aimanté n'a aucune action ſenſible, même lorſqu'elles ſont réduites en parcelles. De ce nombre ſont les concrétions ferrugineuſes produites par l'action de l'eau, les mines de fer hépatiques & limoneuſes, qui n'ont qu'un aſpect mat & terreux, &c. Les Minéralogiſtes ont nommé toutes ces mines, *Ferrum refractarium*.

181. Pour réſoudre la queſtion propoſée, il faut regarder d'abord, comme un principe, qu'il n'y a que les corps où le fer eſt à l'état métallique, qui puiſſent poſſéder les propriétés de l'aimant. En ſecond lieu, ſi le fer, en le ſuppoſant à l'état de métal, eſt combiné avec d'autres ſubſtances qui le minéraliſent (*a*), le mélange de celles-ci pourra

(*a*) On dit d'une ſubſtance métallique, qu'elle eſt *minéraliſée*, lorſqu'elle ſe trouve intimement unie avec une autre ſubſtance qui altere plus ou moins les propriétés dont elle jouiſſoit dans l'état de pureté. Par exemple, un métal ainſi combiné avec ſon minéraliſateur, n'eſt plus malléable, ou l'eſt beaucoup moins

s'oppoſer plus ou moins au déplacement néceſſaire du fluide, ſoit pour que le fer ſe convertiſſe en aimant, ſoit pour qu'il devienne ſimplement attirable à l'aimant.

Cela poſé, il eſt clair qu'aucune des mines citées en dernier lieu, ne peut acquérir, ni par ſon ſéjour dans le ſein de la terre, ni à l'aide de nos procédés artificiels, les propriétés magnétiques. Car ces mines ne ſont formées que d'une chaux de fer, qui a beſoin d'être traitée chimiquement, pour que le métal ſoit revivifié (*a*), & devienne ſuſceptible de magnétiſme. Il n'y a donc nulle difficulté par rapport aux mines dont il s'agit.

182. A l'égard des autres, qui ont le brillant métallique, comme celles des îles d'Elbe & de Corſe, ce n'eſt pas un fer pur, ou un fer natif, ſuivant l'expreſſion des Minéralogiſtes. L'exiſtence du fer, dans ce dernier état, eſt encore un problême, & quand elle ſeroit avérée, le fer

---

qu'auparavant, comme cela arrive au fer minéraliſé par le ſoufre dans la pyrite.

(*a*) Revivifier un métal, c'eſt le ramener de l'état terreux ſous lequel il ſe préſentoit, à celui de métal, proprement dit. C'eſt ainſi que la rouille, qui n'eſt qu'une chaux de fer, reprend, à l'aide d'une opération de Chimie, le brillant & les autres propriétés métalliques.

natif paroîtroit devoir être rare dans la nature ; puiſqu'on ne cite qu'un petit nombre d'endroits où l'on prétende en avoir trouvé. Ce métal, dans les mines ordinaires attirables à l'aimant, eſt minéraliſé par des principes particuliers que la Chimie n'a pas encore déterminés. De plus, quelques-unes de ces mines, quoiqu'elles préſentent l'aſpect métallique, ſont compoſées, en très-grande partie, de chaux de fer mélangée d'une petite quantité de métal, qui maſque, en quelque ſorte, cette chaux par le brillant qu'il répand ſur elle. Telle eſt la mine de l'île d'Elbe, que l'on croiroit, au premier coup-d'œil, abondante en métal tout formé, mais qu'il ſuffit de limer, pour la réduire preſque toute entiere en une poudre rougeâtre & onctueuſe, ſemblable à celle de certaines hématites.

Il n'eſt donc pas étonnant qu'il y ait tant de mines de fer qui ſe refuſent au magnétiſme que l'action du globe tend à leur communiquer. Auſſi, quoique pluſieurs de ces mines aient une action marquée ſur l'aiguille aimantée, il eſt rare que l'on parvienne à leur faire prendre la vertu magnétique, en les frottant avec un aimant, ou en les plaçant, pendant quelque temps, entre deux barreaux fortement aimantés. J'ai fait d'inutiles efforts pour communiquer même un léger degré de vertu à des octaëdres de fer, de la

mine de Falun en Dalécarlie, dont l'axe avoit près d'un pouce. J'ai pris une lame de fer ſpéculaire de la mine de Bitsberg, ſituée au même pays : cette lame a deux pouces & demi dans ſa plus grande dimenſion ; un de ſes angles repouſſoit naturellement le pole ſud d'un barreau aimanté, & attiroit le pole nord. Mais cette action étoit foible & reſſerrée dans un petit eſpace. Car tous les autres angles de la lame attiroient indifféremment les deux poles du barreau, & ces attractions n'avoient non plus qu'une énergie peu ſenſible. J'ai eſſayé d'aimanter cette lame par la méthode corrigée du double contact, & elle n'a pas donné plus de ſignes de magnétiſme qu'auparavant.

On conçoit, d'après ces expériences, comment il peut arriver que, parmi les mines de fer répandues dans l'intérieur du globe, il n'y en ait que quelques-unes qui ſe prêtent à l'action communicative du noyau magnétique. L'impuiſſance de l'art nous fournit ici un terme de comparaiſon pour juger du peu d'effet que doivent produire les forces de la nature, par le défaut de circonſtances propres à en ſeconder l'application.

183. Avant de finir, nous ne devons pas omettre une conjecture de M. Æpinus ſur la cauſe des variations de l'aiguille aimantée. Ce

Physicien présume que ces variations pourroient bien être dues, en grande partie, ou même en totalité, à la force perturbatrice des mines d'aimant, dont l'action détourneroit sans cesse l'aiguille de la direction qu'elle eût prise, proportionnellement aux latitudes, si le noyau magnétique agissoit seul sur elle. Car d'un côté, la quantité de ces mines varie sans cesse, soit par l'exploitation qui s'en fait, soit par l'addition de celles qui se forment naturellement, avec le temps : d'une autre part, l'action continuée du noyau magnétique, augmente successivement l'intensité de la vertu acquise par les mines d'aimant. Enfin, les ruptures occasionnées par les tremblemens de terre, & autres accidens semblables, peuvent déplacer des masses considérables d'aimant, & produire ainsi des changemens dans leur maniere d'agir sur l'aiguille. Ce soupçon paroît être confirmé par certaines relations, où nous lisons qu'à la suite d'un violent tremblement de terre, les aiguilles aimantées avoient subi tout-à-coup des déviations sensibles. Si la conjecture étoit fondée, ce seroit en vain qu'on se flatteroit de pouvoir déterminer, à l'aide du temps, la loi que suivent les variations de position qu'on observe dans l'équateur magnétique, ainsi que dans les méridiens magnétiques des différens lieux de la

terre, puiſque ces variations dépendroient d'une cauſe qui ne ſeroit aſſujetie à aucune regle conſtante dans ſa maniere d'agir. Au reſte, on voit combien ſeroit intéreſſante une ſuite de bonnes obſervations faites dans la vue de jeter du jour ſur ce point de Théorie. Il ſeroit à ſouhaiter encore que les Minéralogiſtes Voyageurs, qui rencontreroient des mines d'aimant, obſervaſſent la direction qu'avoient dans le ſein de la terre, les poles des différens morceaux détachés de ces mines, & qu'ils préſentaſſent même au barreau aimanté, les mines de fer en minerai, quelles qu'elles fuſſent, immédiatement après leur extraction, pour éprouver ſi elles n'auroient pas alors un certain degré de magnétiſme naturel, mais ſuſceptible de ſe diſſiper en peu de temps, comme celui que nous communiquons au fer mou, qui le laiſſe échapper auſſi facilement qu'il l'avoit acquis. Les Sciences ne feront de progrès réels, que quand on ſaura ainſi les aſſocier les unes aux autres, les faire marcher de concert, & réunir, dans une même recherche, pluſieurs points de vue dont l'enſemble répande des traits de lumiere, toujours perdus pour l'homme borné à la conſidération des détails iſolés.

FIN.

Additions à faire.

Page 83, après la note, *ajoutez* : Suivant M. Priestley, (Hist. de l'Electricité, Tom. II, pag. 37), l'expérience dont il s'agit ici, fut imaginée par MM. Wilke & Æpinus. Mais il paroît plutôt que l'idée en est due à M. Æpinus seul, & que ce Savant, après l'avoir communiquée à M. Wilke, travailla avec lui à constater une découverte d'autant plus belle, qu'indépendamment du jour qu'elle devoit répandre sur la Théorie, elle étoit le fruit de la réflexion, & avoit été suggérée à son Auteur par les principes même de cette Théorie. La lame d'air se trouvant renfermée entre deux grandes planches garnies de fer blanc ; l'une de ces planches passa à l'état négatif, tandis qu'on électrisoit l'autre positivement, & la démonstration fut complette, lorsque M. Æpinus, ayant touché à la fois les deux planches, ressentit une commotion semblable à celle de l'expérience de Leyde.

Page 190, après la note, *ajoutez* : Je dois dire cependant que M. Æpinus s'exprime plus positivement, page 38, que dans d'autres endroits de son Ouvrage, & y incline en faveur de la raison inverse du quarré des distances, mais sans alléguer d'autre preuve que l'analogie.

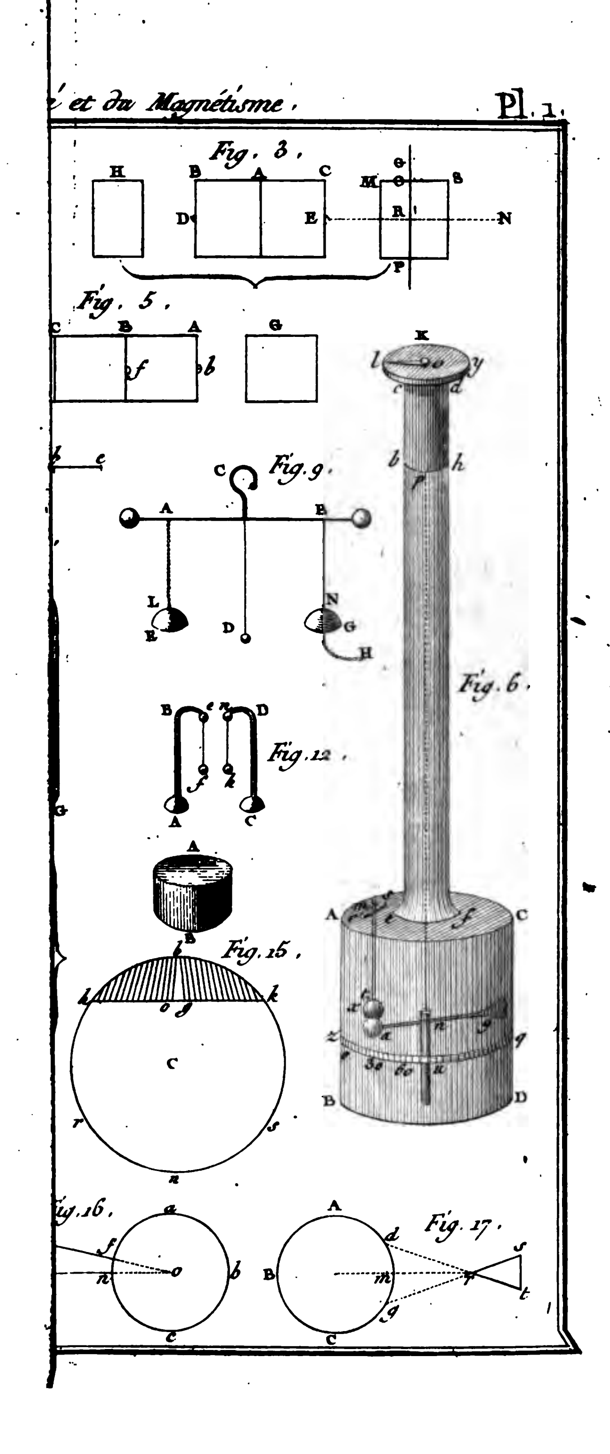
TABLE
DES ARTICLES
DE
L'ÉLECTRICITÉ.

TABLE DES ARTICLES

DU MAGNÉTISME.

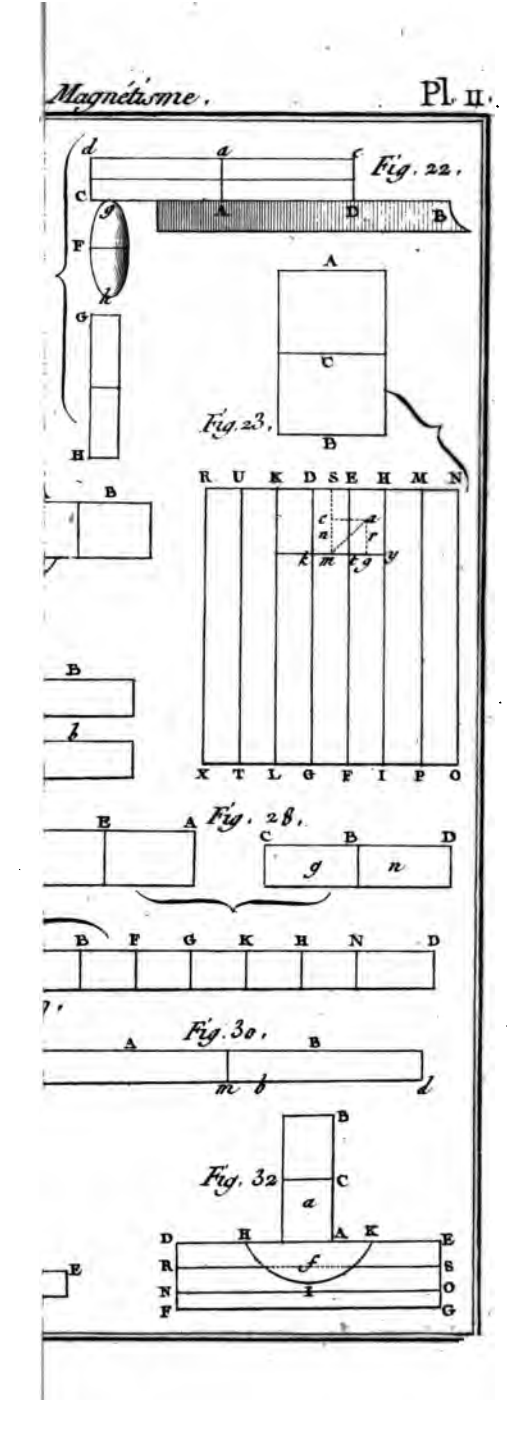
Fin de la Table.

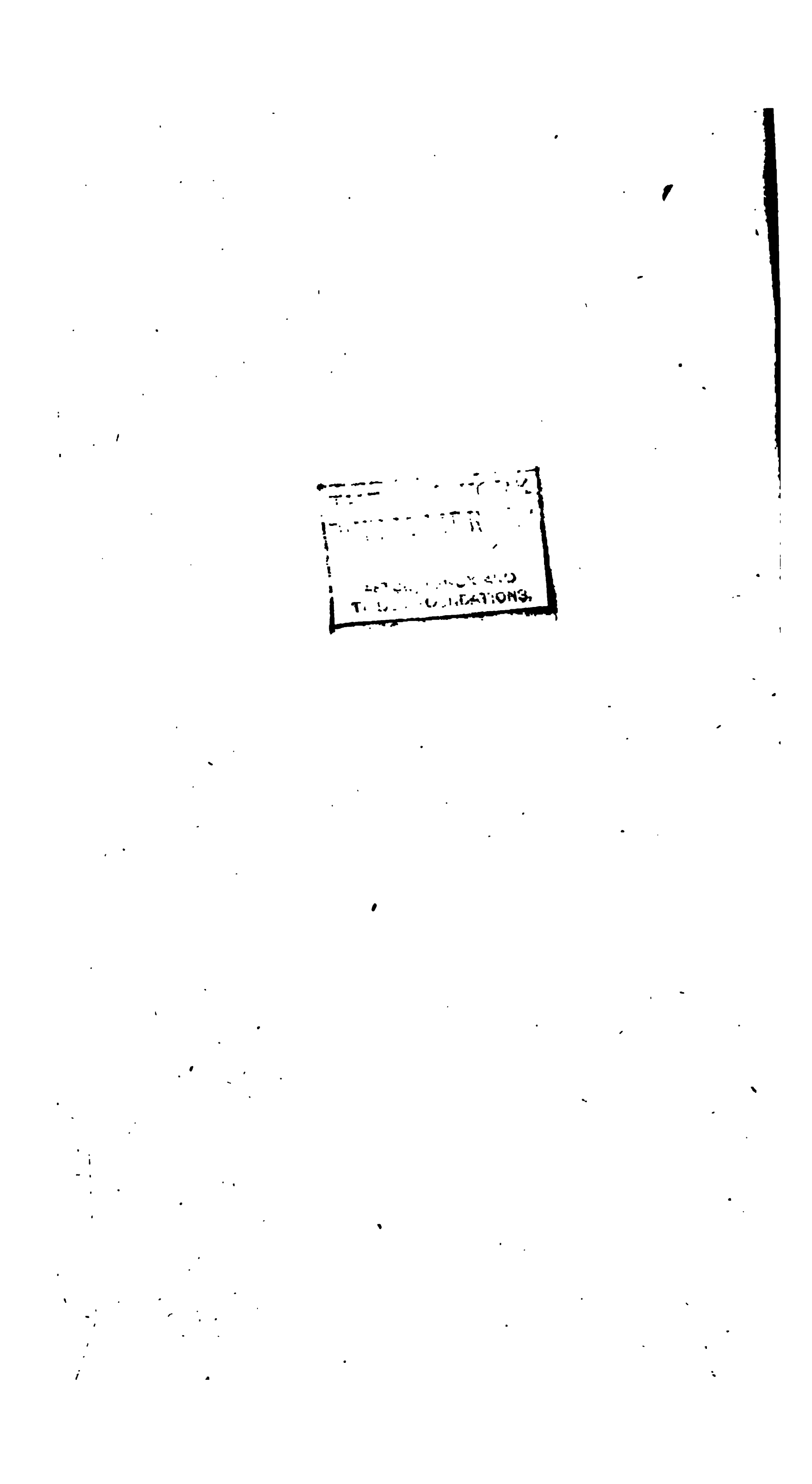
J. CH. DESAINT, IMPRIMEUR, RUE SAINT-JACQUES.

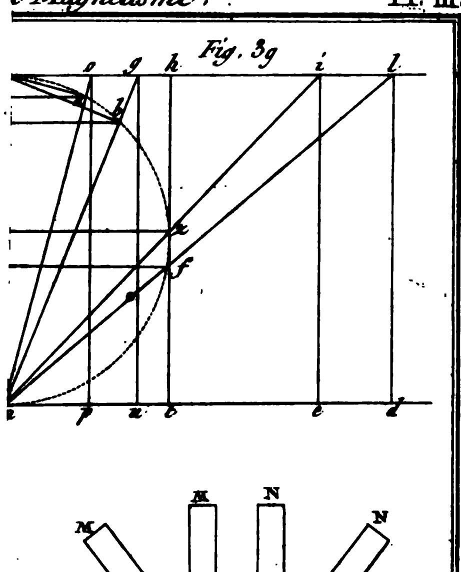

Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 9.
Fig. 6.
Fig. 12.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.

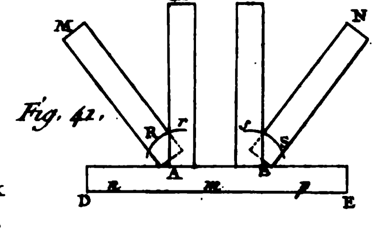
THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

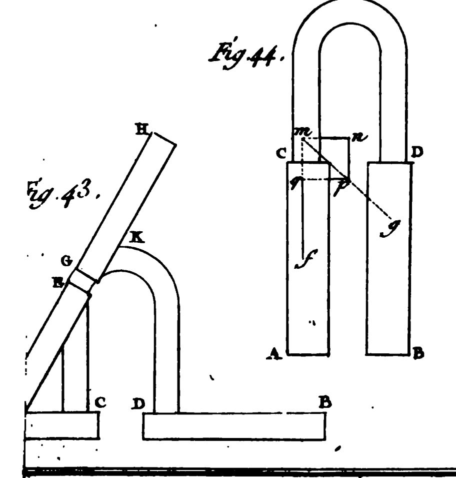
ASTOR [illegible]
TILDEN [illegible]

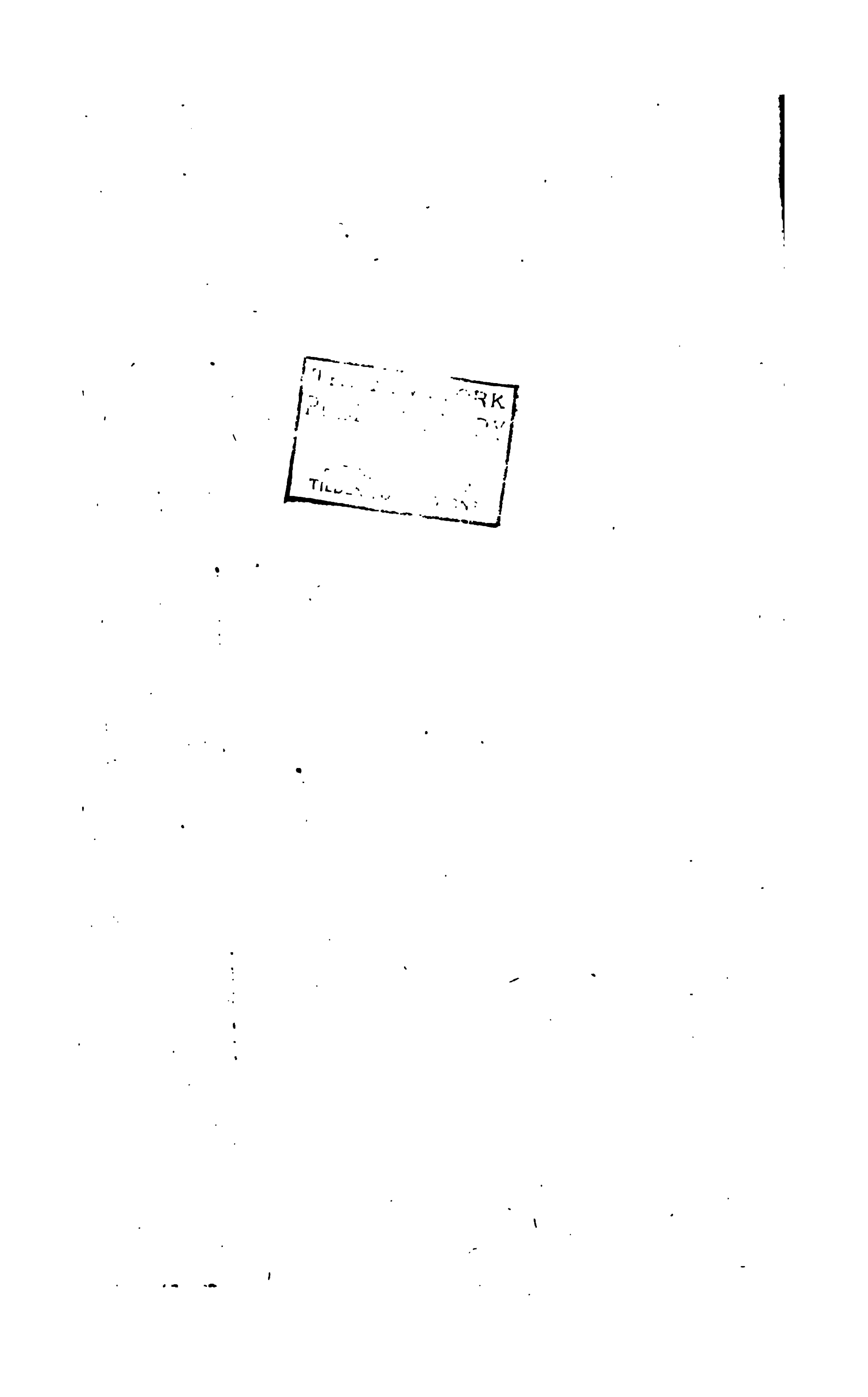

Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 28.
Fig. 30.
Fig. 32




Fig. 39
o
g
h
i
l
b
a
f
p
u
c
e
d


M
N
M
N
Fig. 42.
R
r
S
A
B
D
n
m
p
E


K
Fig. 44.
m
n
C
D
q
p
g
f
A
B
H
Fig. 43.
K
G
E
C
D
B



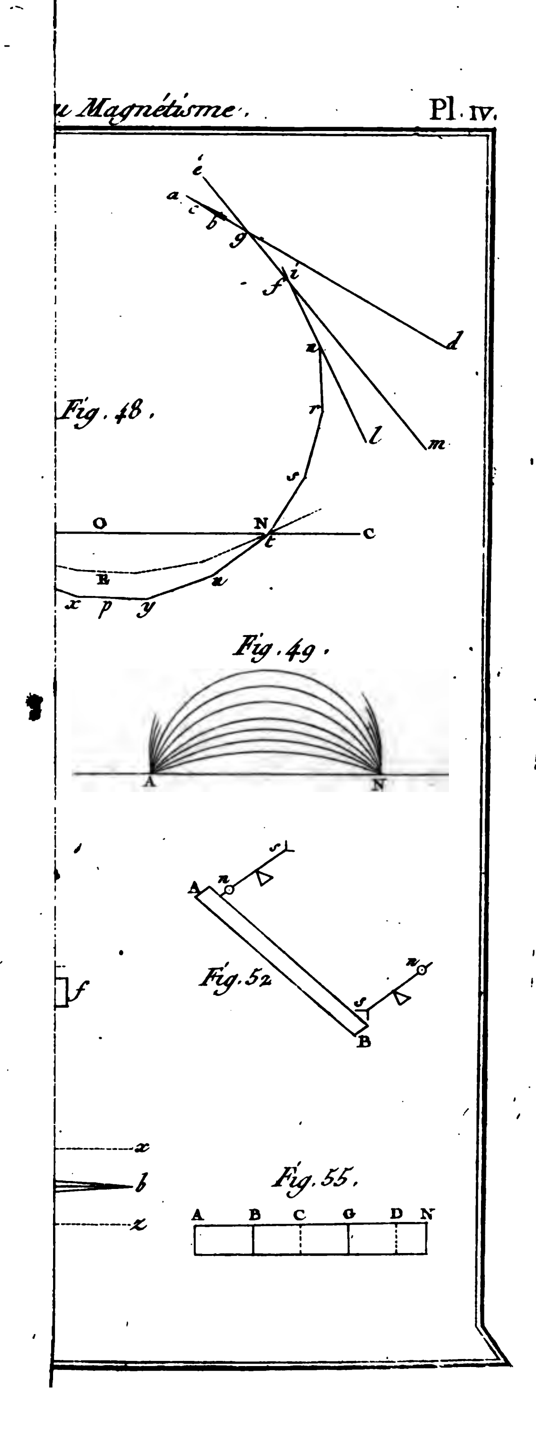
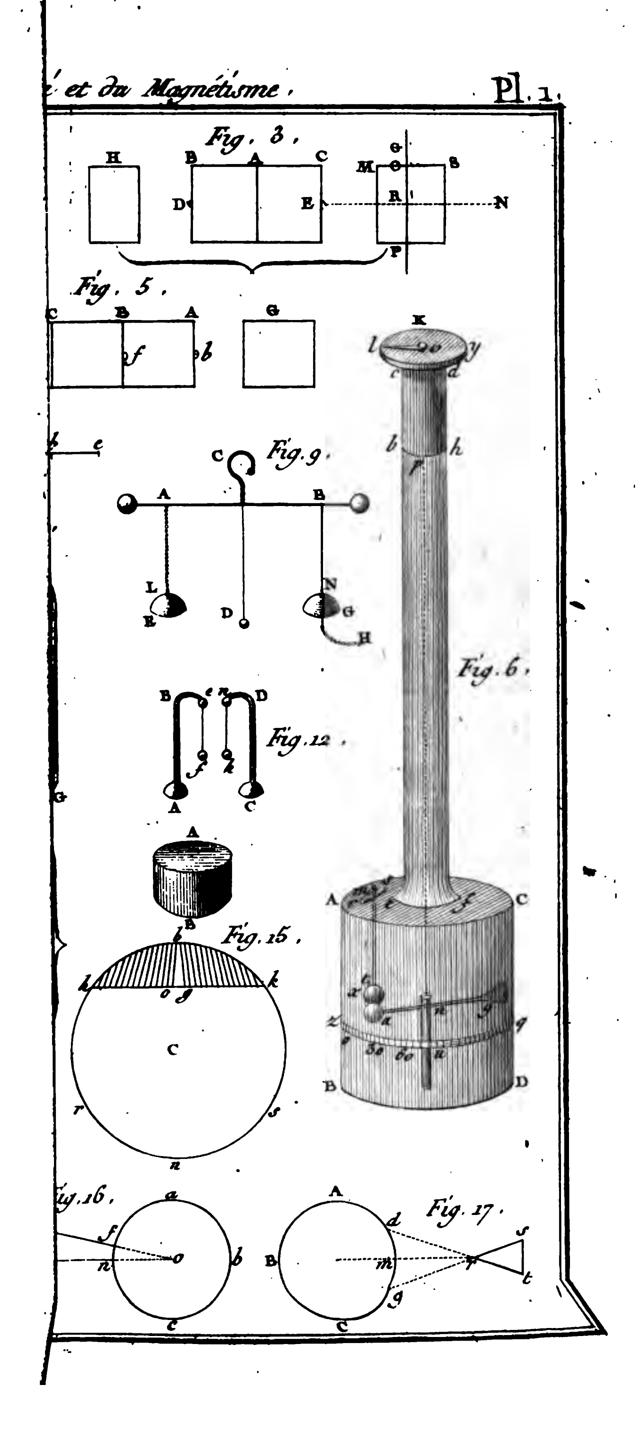

e
a
c
b
g
i
f
d
n
r
l
m
Fig. 48.
s
O
N
C
t
E
u
x
p
y
Fig. 49.
A
N
s
n
A
Fig. 52
n
s
B
f
x
b
z
Fig. 55.
A
B
C
G
D
N

TABLE DES ARTICLES

DU MAGNÉTISME.

Fin de la Table.

J. CH. DESAINT, IMPRIMEUR,
RUE SAINT-JACQUES.


é et du Magnétisme.
Pl. 1.
Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 9.
Fig. 6.
Fig. 12.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.

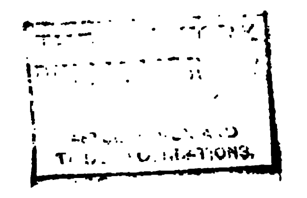
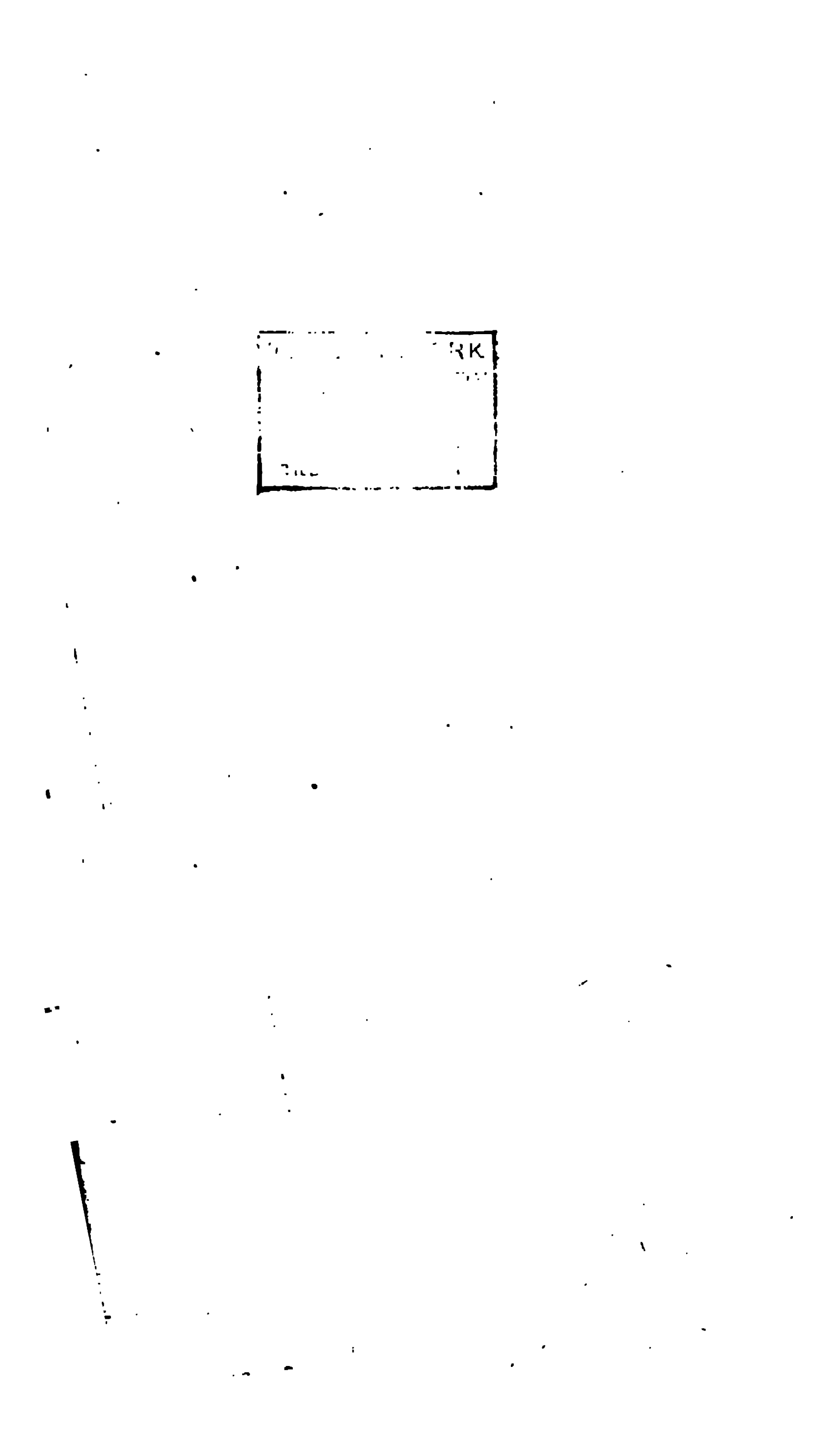


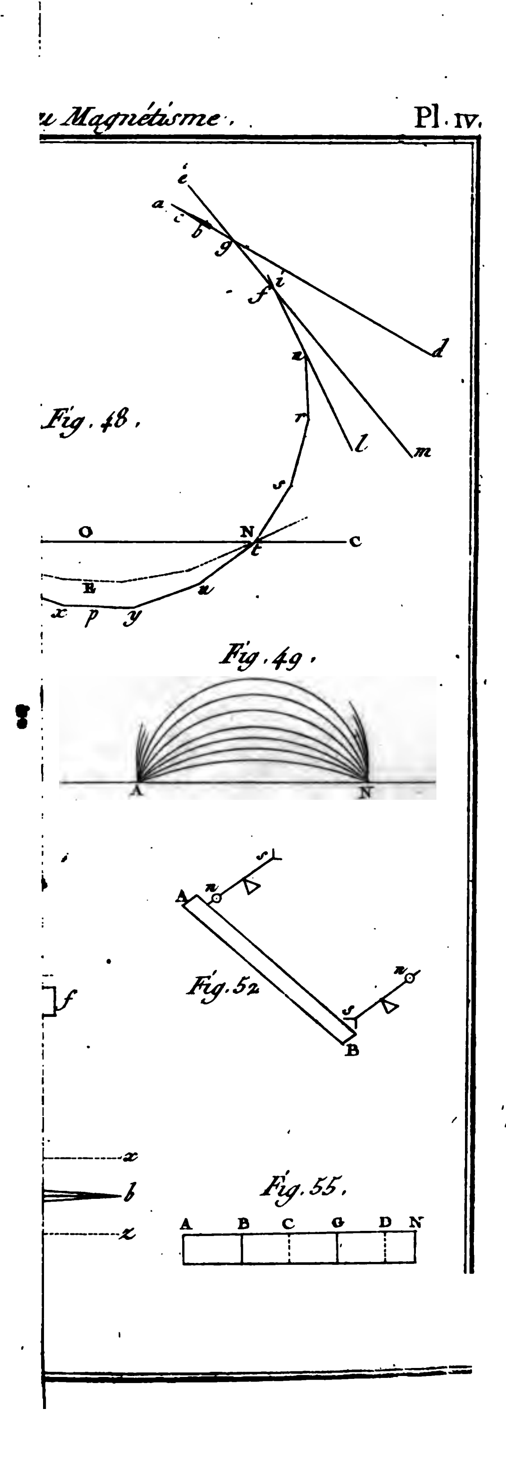
Fig. 39.

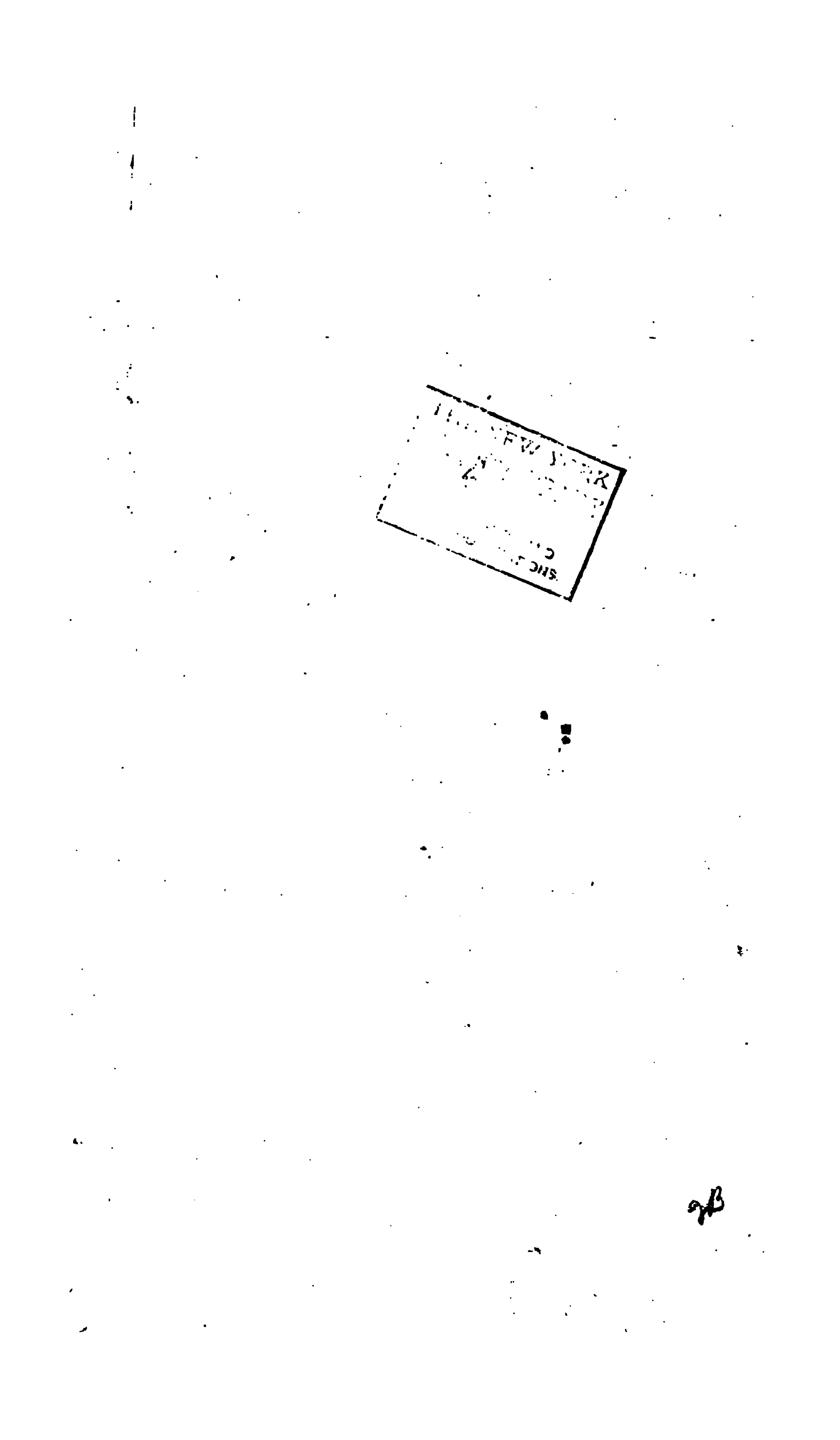
Fig. 41.

Fig. 44.

Fig. 43.




Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 52.
Fig. 55.
A B C G D N



THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be
taken from the Building



